FREIE HANSESTADT BREMEN

Der Senator für Bildung, Wissenschaft, Kunst und Sport

Abschlußbericht zum Modellversuch

Hypermediagestützte Simulationssysteme für berufliche Schulen

Berufliche Schulen im
Lande Bremen

Forschungszentrum
Arbeit und Technik (artec)
Universität Bremen

Bremen 1997

Projektgruppe HYSIM:
Abschlußbericht zum Modellversuch "Hypermediagestützte Simulationssysteme für berufliche Schulen (HYSIM)", Bremen 1997

Redaktion
Dieter Müller, Universität Bremen, Forschungszentrum artec
Jürgen Steenbock, Senator für Bildung, Wissenschaft, Kunst und Sport

Layout
Dieter Müller

KENNZEICHNUNGEN

Projekt:	Hypermediagestützte Simulationssysteme für berufliche Schulen (HYSIM)
Projektleitung:	Teil A / Modellversuche im Bildungswesen: J. Steenbock Senator für Bildung, Wissenschaft, Kunst und Sport Teil B / Wissenschaftliche Begleitung: Prof. Dr. F. W. Bruns A. Heimbucher D. Müller Universität Bremen, Forschungszentrum Arbeit und Technik (artec)
Land:	Bremen
Förderungskennzeichen:	Teil A: K 0857.00 Teil B: K 0857.00 B
BLK - Nr.:	Teil A: 91 02 004 Teil B: 91 02 005
Schwerpunktbereich:	Berufliche Bildung
Beginn des Versuches:	1. 9. 1992
Ende des Versuches:	31. 8. 1996

Abschlußbericht

Modellversuch K 0857.00 +B

Hypermediagestützte Simulationssysteme für berufliche Schulen (HYSIM)

Ein Modellversuch des Bremer Senators für Bildung, Wissenschaft, Kunst und Sport in Verbindung mit dem Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie

Beteiligte Schulen:

Berufsschule für Elektrotechnik:
Kurt Eblinger (ztw.), Günther Gräger (ztw.), Pierre Tussinger

Schulzentrum Im Holter Feld:
Hermann Gathmann, Peter Schäfer

Schulzentrum Utbremen:
Ernst W. Jäger-Buschart, Heinrich Herzog

Schulzentrum Vegesack:
Wolfram Böck, Dr. Walter Meißner (ztw.), Rüdiger Wolter

Wissenschaftliche Begleitung:
Prof. Dr. F. Wilhelm Bruns
Achim Heimbucher
Dieter Müller

Inhaltsverzeichnis

VORWORT 1

I. PROJEKTZIELE UND METHODISCHES VORGEHEN 3

1. Projektziele und methodisches Vorgehen aus schulischer Sicht 5
Jürgen Steenbock

2. Projektziele und methodisches Vorgehen aus Sicht der wissenschaftlichen Begleitung 11
F. Wilhelm Bruns, Achim Heimbucher, Dieter Müller

II. DIDAKTISCHE DIMENSIONEN HYPERMEDIALER SIMULATION 21

1. Lernen mit rechnergestützten Simulatoren
Dieter Müller 23

2. Lernen mit Hypermedia 55
Dieter Müller

3. Möglichkeiten hypermediagestützter Simulation 81
Dieter Müller

III. EVALUATIONSKONZEPT 97

1. Evaluationskonzept im Modellversuch HYSIM 99
Dieter Müller

IV. REALISIERUNG HYPERMEDIAGESTÜTZTER SIMULATIONS-SYSTEME: PROTOTYPISCHE BAUSTEINE UND ANSÄTZE 121

1. Zur Bedeutung des Software-Prototyping im Modellversuch 123
Dieter Müller

2. Studien zur Implementierung von Simulationen mit Hilfe von Hypermedia-Entwicklungssystemen 129
Dieter Müller

3. Studien zur Implementierung portabler Prozeßsimulationen mit Techniken der objektorientierten Software-Entwicklung und Parallelprogrammierung 137
F. Wilhelm Bruns, Dieter Müller

4. Untersuchungen zur Interaktion 143
Dieter Müller, Eckhard Meier, Achim Heimbucher

5. Untersuchungen und Entwicklungen zur visuellen Darstellung, Orientierung und Navigation in Hyperstrukturen 149
Achim Heimbucher, Dieter Müller, Eckhard Meier

6. Untersuchungen zur Visualisierung dynamischer Prozesse mit Mitteln der Animation und Videoeinbindung 157
Achim Heimbucher, Eckhard Meier, Dieter Müller

7. Prototyp eines hypermediabasierten Mehrebenensimulators 167
Dieter Müller, F. Wilhelm Bruns

V. INTEGRIERTE LEHRERFORTBILDUNG 171

1. Integrierte Lehrerfortbildung im Modellversuch HYSIM 173
Dieter Müller

VI. UNTERRICHTSEINHEITEN UND UNTERRICHTSBEISPIELE 181

1. Entwicklung und Erprobung hypermediagestützter Lernsoftware im Modellversuch - Ein Überblick 183
Dieter Müller, Jürgen Steenbock

2. Hypermediasystem zum Thema "Serielle Schnittstelle" 187
Kurt Eblinger, Günther Gräger, Pierre Tussinger

3. Lern- und Simulationssoftware "SPS-gesteuerte Pneumatik" 193
Hermann Gathmann

4. Lern- und Simulationssoftware "Selbsthalteschaltungen in der Elektropneumatik" 201
Peter Schäfer

5. Hypermediagestützte Software zur Simulation eines Mikroprozessors 215
Wolfram Böck

6. Lernsystem Vakuumtechnik: Echtzeitsimulator und Hypertext-Lehrbuch 223
Heinrich Herzog, Ernst W. Jäger-Buschart

7. Unterrichtliche Erprobung von Simulationspaketen zur Robotik 233
Rüdiger Wolter

VII ERGEBNISSE, EMPFEHLUNGEN UND PERSPEKTIVEN 245

1. Zusammenfassung der Ergebnisse 247
Dieter Müller

2. Empfehlungen zur Lehrerfortbildung in Hypermedia 265
Dieter Müller

3. Forschungsperspektiven und Handlungsempfehlungen aus dem Modellversuch HYSIM 271
F. Wilhelm Bruns

ANHANG 291
Präsentation des Modellversuches HYSIM im Internet 293

INDEX 331

ABBILDUNGSVERZEICHNIS 339

Vorwort

Die vielfältigen Herausforderungen durch die neuen Technologien wird niemand bestreiten, ebensowenig die damit verbundenen Risiken und Chancen. Die beruflichen Schulen sind hiervon unmittelbar betroffen. Sie sollen für neue Tätigkeitsbereiche und neue Anforderungen qualifizieren und zugleich ihren weitreichenden Bildungsauftrag erfüllen. Dies geht nicht ohne eine kontinuierliche pädagogische und curriculare Entwicklung und Evaluation der Inhalte und Methoden beruflichen Lernens. Hieraus erwächst eine für die beruflichen Schulen nicht einfach zu bewältigende Aufgabe.

In diesem Kontext wurde der Modellversuch *Hypermediagestützte Simulationssysteme für berufliche Schulen (HYSIM)* durchgeführt, der finanziell mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie und des Senators für Bildung, Wissenschaft, Kunst und Sport des Landes Bremen gefördert wurde.

Der vorliegende Abschlußbericht zum Modellversuch bezieht sich sowohl auf den schulischen Teil A des Modellversuches als auch auf den Teil B, der wissenschaftlichen Begleitung.

Er enthält berufspädagogische Aspekte zum gegenwärtigen Stand der Didaktik hypermediabasierter Simulationssysteme und beschreibt die Evaluationsmethoden und Forschungsbereiche im Rahmen des Modellversuches.

Einen großen Bereich des Abschlußberichtes nehmen die Unterrichtseinheiten und Unterrichtsbeispiele ein, die von den Lehrern im Modellversuch entwickelt und erprobt wurden. Diese Berichte zeigen aus unterschiedlichen konzeptionellen Ansätzen, in welcher Weise hypermediabasierte Simulationssysteme in den Unterricht an beruflichen Schulen eingebunden werden können.

Bisher wurde die wissenschaftliche Diskussion zur didaktisch-methodischen Nutzung digitaler Lernmedien weitestgehend theoretisch-spekulativ geführt, ohne einen entsprechend hinreichenden Fundus an unterrichtspraktischen Erfahrungen. Mit dem vorliegenden Bericht wird ein Beitrag geliefert, der einerseits die multimediale Euphorie vom Kopf wie-

der auf die Füße stellt, andererseits aber auch erkennen läßt, in welche Richtung die zukünftige Entwicklung gehen könnte.

Einen Ausblick hierzu liefert vor dem Hintergrund der Modellversuchsergebnisse das abschließende Kapitel des Berichtes, in dem sowohl die Notwendigkeit einer intensiven Lehrerfortbildung begründet als auch Perspektiven der wissenschaftliche Auseinandersetzung mit multimedialen Lernumgebungen aufgezeigt werden.

I. Projektziele und methodisches Vorgehen

Jürgen Steenbock

1. Projektziele und methodisches Vorgehen aus schulischer Sicht

Etwa seit Ende der 70er Jahre wurde für den Fachunterricht in den gewerblich-technischen beruflichen Schulen zunehmend Simulationssoftware angeboten. Sie verstand sich als Hilfsmittel zur *Veranschaulichung* und *Erkenntnisgewinnung*, zum *entdeckenden Lernen*, zur *Darbietung* und *Speicherung* von Wissen und Information. Eine umfassende unterrichtliche Nutzung setzte jedoch nicht ein, denn bei näherer Betrachtung der damals angebotenen Simulationssoftware trat schnell Ernüchterung ein:

- das Anwendungsspektrum bezog sich fast ausschließlich auf die CNC-Fertigungstechnik – vorzugsweise im Bereich des Drehens und Fräsens – und SPS-Technik, in wenigen Fällen auch auf die Robotertechnik,
- sie war meist zu komplex angelegt, da die Anbieter - verständlicherweise aus kommerziellen Gründen - einen möglichst großen Adressatenbereich ansprechen wollten,
- sie besaß oft eine unzureichende Benutzerführung, wodurch zunächst wertvolle Unterrichtszeit nur für das "Handling" der Software verwendet werden mußte,
- die Möglichkeiten der Adaption an den Unterrichtsprozeß waren gering,
- Anschlußmöglichkeiten an reale Prozesse waren gar nicht oder nur punktuell herzustellen.

Die mit Beginn der 90er Jahre einsetzende Entwicklung von hypermedialen Konzepten und Techniken ließ jedoch neue Möglichkeiten erkennen, Simulationen als multimediale interaktive Lernsysteme zu konzipieren. Vor diesem Hintergrund wurden für den schulischen Teil des Modellversuches folgende Arbeitsschwerpunkte formuliert:

- Die Entwicklung einer Konzeption zum Einsatz von Hypermediasystemen als universelle Simulationswerkzeuge in der beruflichen Bil-

dung. Es sollte näher untersucht werden, bei welchen Inhalten der neugeordneten Metall- und Elektroberufe, der beruflichen Vollzeit-Bildungsgänge und von Kursen der Gymnasialen Oberstufe Simulationssoftware wünschenswert ist.

- Die Entwicklung und Erprobung exemplarisch-didaktischer Einheiten als Bausteine eines offenen Curriculums für die Facharbeit in komplexen Fertigungssystemen auf der Basis von Hypermediasystemen. Es sollte hierbei nicht allein die rein fertigungstechnische Seite dominieren, sondern auch untersucht werden, inwieweit prozeßunabhängige Qualifikationen (betriebsorganisatorische Rahmenbedingungen, soziale, ökonomische und ökologische Folgen, Gestaltungsmöglichkeit von Arbeit und Technik etc.) durch Simulationen vermittelt werden können.
- Die Prüfung von Möglichkeiten zur Kostenreduzierung bei der Beschaffung von Lehrmitteln durch den Einsatz von Simulatoren auf der Basis von Hypermediasystemen. Leitmotiv dieses Aspektes waren Überlegungen, wie beispielsweise eine in der Beschaffung und Nutzung kostenintensive Werkzeugmaschine unterrichtlich effizienter eingesetzt werden kann.

Im Verlauf des Modellversuches sollte außerdem untersucht werden

- welche Entwicklungstendenzen im Bereich der Hypermediasysteme zu erwarten sind und wie die Berufspädagogik gestaltend darauf Einfluß nehmen kann,
- wie die Möglichkeiten der Verknüpfung verschiedener Medien zu einer didaktischen Einheit zu bewerten sind,
- welche Hard- und Softwarekomponenten für den Einsatz im Fachunterricht geeignet sind,
- wie sich der Einsatz solcher Hypermediasysteme auf die sozialen Beziehungen im Unterricht auswirken und
- wie die Lehreraus- und fortbildung aufgebaut sein muß, um diese Entwicklungen angemessen reflektieren und nutzen zu können.

1.1. Beteiligte Schulen

Ursprünglich war geplant, den Modellversuch nur an einer Beruflichen Schule durchzuführen. Bei den vorbereitenden Arbeiten war allerdings bald zu erkennen, daß die mögliche Bandbreite des Einsatzes von Simulationssystemen in beruflichen Schulen zu gering sein würde und die personalen Ressourcen nicht ausreichen würden, die beabsichtigten Zielsetzungen zu erreichen.

Die Ausweitung auf weitere Schulen erforderte zwar einen etwas höheren organisatorischen Aufwand, der sich jedoch – bezogen auf den Umfang und die Relevanz der Modellversuchsergebnisse – gelohnt hat. Die nachstehende Tabelle (vgl. Tabelle 1-1) gibt eine Übersicht über die an den einzelnen Schulen beteiligten Bildungsgänge und Schülerzahlen. Zu Beginn des Modellversuches stellte sich die Situation an den oben genannten Schulen wie folgt dar:

(1) Ausstattung bezogen auf Hard- und Software: In allen beteiligten Schulen waren PC der Generation ‘386 und älter vorhanden, allerdings in der Regel nicht in genügender Anzahl, in unterschiedlichster hard- und softwaremäßiger Konfiguration und häufig untergebracht in sogenannten Rechnerräumen. Simulations-Software existierte an einigen Schulen in den Bereichen CNC-Fertigung und SPS.

(2) Erfahrungen und Kenntnisse der beteiligten Lehrer bezogen auf Simulatoren: Sie basierten auf der unterrichtsbezogenen Anwendung des engen Bereiches kommerziell angebotener Simulations-Software. Erfahrungen aufgrund eigener Entwicklungen gab es nicht. Die Mehrzahl der Modellversuchsmitglieder verfügte über grundlegende Kenntnisse im Programmieren.

Schule	**Bildungsgang**		**Klassen/ Schülerzahl**
Berufsschule für Elektrotechnik	BS	Kommunikations-elektroniker/-in	2/40
Schulzentrum des Sekundarbereichs II Im Holter Feld	BS	Industriemechaniker/-in der Fachrichtungen Betriebstechnik, Maschinen- und Systemtechnik, Produktionstechnik	3/60
Schulzentrum des Sekundarbereichs II Utbremen	BFS	Physikalisch-technische/r Assistent/-in	1/20
		Techn. Assistent/-in für Informatik	1/20
	FOS	Fachrichtung Biologie/Chemie/Physik	2/40
Schulzentrum des Sekundarbereichs II Vegesack	BS	Industriemechaniker/-in der Fachrichtungen Betriebstechnik, Maschinen- und Systemtechnik[1]	2/40
	BFS	Techn. Assistent/-in für Informatik	1/20
	FOS	Fachrichtungen Elektro- und Maschinentechnik	2/40

Tabelle 1-1: Beteiligte Schulen

[1] durchgeführt nur in der Anfangsphase.

1.2. Organisation und Verlauf

Schon in der Vorlaufphase des Modellversuches waren von den zu beteiliegenden Lehrern Ideen für den Einsatz von Simulationssystemen entwikkelt worden, die sie aufgrund eigener unterrichtlicher Erfahrungen für didaktisch und methodisch sinnvoll erachteten. In der Eingangsphase des Modellversuches wurden diese Ideen der gesamtem Modellversuchsgruppe vorgestellt, in weiteren anschließenden Zusammenkünften näher fixiert und mit den übrigen Arbeitsschwerpunkten des Modellversuches abgestimmt. In der nächsten Phase wurde - soweit vorhanden und für die Realisierung der oben. genannten Ideen relevant - bereits existierende Simulationssoftware gesichtet und bewertet.

Nachdem sich die Modellversuchsgruppe zur Entwicklung eigener Simulationen für das Autorensystem ToolBook der Fa. Asymmetrix entschieden hatte, wurden an den Schulen zunächst je ein Lehrerarbeitsplatz mit entsprechender PC-Ausstattung eingerichtet. Anschließend wurde die von der gesamten Modellversuchsgruppe für unbedingt notwendige erachtete Fortbildung in Zusammenarbeit mit der wissenschaftlichen Begleitung inhaltlich näher bestimmt. Konzeptionell entwickelt und durchgeführt wurde die Fortbildung von der wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuches (vgl. Kapitel V).

In der anschließenden Phase wurden eigene Simulationssysteme entwikkelt, unterrichtlich erprobt, revidiert und dokumentiert. Diese Vorgehensweise hört sich zwar in sich schlüssig an, aber es stellte sich schnell heraus, daß für Eigenentwicklungen auf der Basis von ToolBook - entgegen den Versprechungen der Anbieter von ToolBook - grundlegende Programmierkenntnisse unbedingt erforderlich waren und daß der Bedarf an Fortbildung von seinem Umfang her zunächst unterschätzt worden war. Konsequenz: einige Modellversuchsmitglieder schieden aus, aber neue kamen hinzu, so daß letztendlich an jeder Schule 2 Kollegen im Modellversuch zusammenarbeiten konnten.

Insbesondere in der ersten Phase des Modellversuches traf sich die Projektgruppe einschließlich der wissenschaftlichen Begleitung in etwa zweiwöchigem Rhythmus. Dank der Kooperationsbereitschaft an den Schulen konnte über den gesamten Modellversuchszeitraum immer ein Wochentag stundenplantechnisch für alle im Modellversuch mitarbeitenden Lehrkräfte

freigehalten werden, so daß sich die gesamte Projektgruppe und die wissenschaftliche Begleitung in den am Modellversuch beteiligten Schulen treffen konnten.

Dieser "Jour Fix" war bei der Entwicklung eigener Simulationssysteme für die Modellversuchsmitglieder von außerordentlicher Bedeutung. Ständiger Austausch von Erfahrungen, Tricks und Tips und die Begleitung durch eine auf die Belange der Projekte abzielende Lehrerfortbildung halfen über viele vor dem Einstieg in die Modellversuchsarbeit nicht erwartete Hürden hinweg. Am Ende des ursprünglich geplanten und bewilligten Modellversuchszeitraumes stellte die Modellversuchsgruppe fest,

- daß der erhebliche Aufwand für die Entwicklung eigener Simulationssysteme dazu geführt hatte, daß für die Erprobungsphase nicht hinreichend Zeit zur Verfügung stand,
- daß die Multimedia-Technik enorme Fortschritte gegenüber dem Stand bei Beginn des Modellversuches gemacht hatte,
- daß die Kostenentwicklung auf dem Hard- und Softwaresektor günstiger als erwartet verlaufen war und dadurch multimediale Anwendungen auch für den Schulbereich interessant wurden.

Vor dem Hintergrund dieser Entwicklungen wurde eine Verlängerung des Modellversuches um ein Jahr genehmigt, so daß der Modellversuch offiziell mit dem 31.8.1996 beendet wurde.

F. Wilhelm Bruns, Achim Heimbucher, Dieter Müller

2. Projektziele und methodisches Vorgehen aus Sicht der wissenschaftlichen Begleitung

In diesem Kapitel werden Projektziele sowie das methodische Vorgehen der wissenschaftlichen Begleitung im Modellversuch HYSIM beschrieben. Darüber hinaus werden wichtige Untersuchungs- und Arbeitsfelder erläutert sowie ein Überblick über den zeitlichen Ablauf gegeben. Vertiefende Darstellungen zu zentralen Aspekten des forschungsmethodischen Vorgehens finden sich außerdem im Kapitel III (Evaluationskonzept) und Kapitel IV (Software-Prototyping).

2.1. Projektziele

Aus Sicht der wissenschaftlichen Begleitung läßt sich die Zielsetzung des Modellversuches HYSIM wie folgt umreißen: Im Zentrum der wissenschaftlichen Begleituntersuchung stand die experimentelle Analyse der Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes hypermediagestützter Simulation in der beruflichen Bildung für den gewerblich-technischen Bereich. Auf systemtheoretischer und lernpsychologischer Ebene interessierten insbesondere Fragen zur Abbildbarkeit komplexer Systeme in Modelle und zum Beitrag, den Simulation zum besseren Verständnis und zur besseren Beherrschung der realen Systeme leisten kann. Dabei war zu untersuchen, unter welchen Bedingungen hypermediagestützte Simulatoren andere Lernmedien sinnvoll ergänzen oder ersetzen können. Auf didaktischer Ebene ging es um Fragen des experimentellen Umgangs mit hypermediagestützten Simulationswerkzeugen. D.h. die Bedeutung des Rechners als Werkzeug und als Medium im Unterricht der Berufsschule – besonders als experimentelles Lernsystem – war zentraler Gegenstand der wissenschaftlichen Untersuchung. Im Rahmen unterrichtsbezogener Praxisstudien bestand die Aufgabe der wissenschaftlichen Begleitung darin, die im Verlaufe des Projektes entstandenen Software-Pakete sowie die durchgeführten Unterrichtsprojekte zu evaluieren.

Zentrale Auslöser des Modellversuches waren drei Faktoren, die das wissenschaftliche Vorgehen im wesentlichen tangierten :

- Die zunehmende Bedeutung hypermedialer Anwendungen für Schule, Ausbildung und Betrieb und die damit verbundenen ungeklärten berufspädagogischen Implikationen.
- Die begrenzte pädagogische Reichweite vorhandener Simulationssysteme im Hinblick auf ihren Einsatz im Unterricht.
- Die Möglichkeit der Kombination von Hypermedia mit diesen Simulationssystemen zum Zwecke einer besseren pädagogischen Wirksamkeit.

Vor diesem Hintergrund ließen sich zu Beginn des Modellversuches HYSIM spezifische Forschungsdefizite identifizieren. Zu nennen sind hier insbesondere folgende Aspekte:

- Pädagogische Implikationen des experimentellen Lernens mit Hypermedia in der beruflichen Bildung,
- Möglichkeiten und Grenzen einer benutzerorientierten Anwendungsentwicklung mit Hilfe von Hypermedia-Entwicklungssystemen,
- Kombinationsmöglichkeiten von Hypermedia mit Simulationssystemen und
- Kopplungsmöglichkeiten von Simulatoren mit realen Prozessen.

2.2. Arbeitsfelder und Zeitplanung

Im Rahmen des Projektes wurden von der wissenschaftlichen Begleitung folgende inhaltliche Schwerpunkte gesetzt und bearbeitet:

I. Wissenschaftliche Vorstudie (nicht direkter Bestandteil des Projektes)

1. Literaturauswertung zu den Aspekten Modellbildung, Simulation und Hypermedia.
2. Theoretische Überlegungen zum Aspekt der didaktischen Reduktion komplexer Inhalte im Kontext von Modellbildung und Simulation.

3. Vorstudien zur Eignung von objektorientierten Programmiersprachen für die Entwicklung von Prototypen (C++, Hypertalk, Openscript, Smalltalk-80).
4. Prototypische Entwicklung von hypermediagestützen Modulen.

II. Vorbereitende Planungs- und Entwicklungsarbeiten (1. Jahr)

1. Analyse und Evaluation vorhandener Simulations- und Hypermediasysteme.
2. Analyse und Bestandsaufnahme von Hard- und Softwareplattformen für hypermediagestützte Systeme.
3. Spezifikation von Hypermedia-Autorensystemen als universelles Simulationswerkzeug.
4. Konzeption einer Lehrerfortbildung im Zusammenarbeit mit den Modellversuchs-Schulen.
5. Erarbeitung von Fortbildungsmaterialien.
6. Fortbildung der Modellversuchsmitglieder durch die wissenschaftliche Begleitung.
7. Prototypische Studien zur Realisierung von hypermediabasierten Simulatoren.

III. Realisierungsphase (2. Jahr)

1. Entwicklung von Simulationssoftware, Materialien und Curriculumbausteinen.
2. Beratung bei der Durchführung von Unterrichtsvorhaben.
3. Fachspezifische Fortbildung.
4. Entwicklung eines Kriterienkatalogs zur Dokumentation von hypermediagestützten Lernprogrammen.

IV. Erprobung und Evaluation (3. und 4. Jahr)

1. Auswertung und Evaluation der Unterrichtsversuche.
2. Übertragbarkeitsanalysen und Erarbeitung von Empfehlungen.
3. Verbreitung der Unterrichtsmaterialien über das Internet.
4. Zusammenfassung und Dokumentation der Ergebnisse.

2.3. Forschungsmethoden

Im folgenden wird das methodisches Vorgehen im Modellversuch HYSIM beschrieben. Vier Gesichtspunkte haben aus Sicht der Wissenschaftlichen Begleitung eine zentrale Rolle innerhalb des Projekts gespielt und werden im folgenden genauer erläutert:

- Einbeziehung verschiedener Forschungsfelder (Interdisziplinarität)
- Praxisbezug (Action-Research)
- Experimentelles Prototyping und
- eine besondere Form der Evaluation.

2.3.1. Einbeziehung verschiedener Forschungsfelder

Bei dem Projekt HYSIM ging es im wesentlichen darum, die verschiedenen Dimensionen des Einsatzes hypermediabasierter Simulatoren in der beruflichen Bildung aufzuspüren und Möglichkeiten und Grenzen dieser neuen Techniken zu erforschen. Unter *berufspädagogischen Aspekten* sollte die Bedeutung des Computers als Werkzeug und als Medium im Unterricht der Berufsschule - insbesondere als experimentelles Lernsystem - untersucht werden. Relevanz hatten aber auch Fragen zur Abbildung komplexer Systeme in Modelle und zum Beitrag, den Simulation zur Komplexitätsbewältigung leisten kann. Diese Aspekte berühren eher die *Systemtheorie* und *Informatik*, aber auch in wesentlichen Punkten die *Technikwissenschaften* und die *Produktionstechnik*.

Darüber hinaus sollten im Projekt neue Methoden zur Gestaltung von Software als einem kooperativen Prozeß zwischen Entwickler/-innen, Lehrkräften und Lernenden erprobt und evaluiert werden. Dies sind wiederum Bereiche, die traditionell von der Informatik und da insbesondere von der *Softwaretechnik* und *Softwareergonomie* erforscht werden.

Ein besonderes Merkmal des Projektes HYSIM bestand deshalb darin, die verschiedenen Forschungsfelder, die sich mit der Gestaltung und dem Einsatz hypermediabasierter Simulationstechniken beschäftigen, zu reflektieren und möglichst einzubeziehen.

2.3.2. Praxisbezug (Action-Research)

Die Gestaltung von Lernsoftware kann nach unserem Verständnis nicht als reine technische Frage gesehen werden. Gestaltung von Lernsoftware kann in unserem Fall nur richtig begriffen werden, wenn sie betrachtet wird als *Prozeß der Implementierung von pädagogischer Theorie* (vgl. Baumgartner 1995, S.241ff). Desgleichen ist die Nutzung von Lernsoftware nicht nur aus Sicht der kognitiven Aneignung und Reproduktion von Wissen zu erfassen, immer spielen hier auch *situative* Bezüge zwischen Lehrenden und Lernenden eine Rolle. Vor diesem Hintergrund sind wir im Projekt HYSIM von folgenden Prämissen ausgegangen:

- Für die Analyse der Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes hypermediagestützter Simulation in der beruflichen Bildung für den gewerblich-technischen Bereich ist es erforderlich, theoretische Konzepte im Rahmen von Fallstudien mit den Beteiligten (also Lehrer und Schüler) praktisch umzusetzen und zu erproben.
- Konkrete Analysekriterien an hypermediale Lernsoftware lassen sich dementsprechend erst im Verlaufe des Projektes auf der Basis solcher praxisbezogener Fallstudien unter Berücksichtigung dezidierter didaktischer Konzeptionen und spezifischer situativer Bedingungen präzisieren und konkretisieren.

Voraussetzung für eine solches Vorgehen ist zum einen die aktive Beteiligung der wissenschaftlichen Begleitung an konkreten Umsetzungs- und Realisationsvorhaben (*Beteiligungskriterium*) und zum anderen ein kontinuierlicher Informationsaustausch zwischen wissenschaftlicher Begleitung und den beteiligten Lehrkräften (*Transparenzkriterium*). Am deutlichsten ist ein solches Vorgehen bei skandinavischen Forschungsgruppen zu finden, die "Human-Centered Methods" der Technikgestaltung verfolgen, so etwa K. Nygaard, P. Ehn, L. Rassmussen und diese als "action research" bezeichnen (Laessoe / Rassmussen 1989, Ehn 1988).

2.3.3. Experimentelles Prototyping

Vor dem Hintergrund obiger Kriterien (Beteiligungs-, Transparenzkriterium) sind wir im Projekt HYSIM deshalb davon ausgegangen, daß ein experimentelles und evolutionäres Vorgehen bei der Softwareentwicklung

sinnvoll ist[1]. Eine ausführliche Darstellung zur Bedeutung des Software-Prototyping im Modellversuch erfolgt im Kapitel IV dieses Berichtes. Dabei werden auch die im Rahmen der Begleitforschung durchgeführten Prototyping-Studien beschrieben und Ergebnisse aus diesen Studien dargestellt. Im Rahmen des Projektes haben wir die eingesetzten Hypermedia-Autorensysteme gleichzeitig als Prototyping-Tools eingesetzt (zur Eignung dieser Tools vgl. Kap. VII). Dabei wurde in folgenden Schritten vorgegangen:

1. In einer ersten Designphase wurden lauffähige, aber nicht vollfunktionsfähige Module entwickelt.
2. Diese Module wurden dann im Rahmen von Projektsitzungen, Fordbildungsveranstaltungen und Workshops demonstriert und diskutiert.
3. In einer zweiten Designphase wurden die Anwendungen überarbeitet und die notwendigen Programmfunktionen implementiert.
4. In weiteren Schritten erfolgte eine weitere Demonstration und Überarbeitung.
5. Anschließend wurden die einzelne Anwendungen im Unterricht eingesetzt.
6. Unter Berücksichtigung der ersten unterrichtsbezogenen Erfahrungen wurden die jeweiligen Programme überarbeitet.

Ein solches Vorgehen erfordert einen intensiven Informationsaustausch. Zur Unterstützung dieses Prozesses wurden eine kontinuierliche Fortbildung, regelmäßige Treffen und mehrtägige Wochenend-Workshops durchgeführt.

2.3.4. Evaluation

Im Modellversuch HYSIM wurde eine umfangreiche Evaluation durchgeführt. Dazu wurde ein entsprechendes Evaluationskonzept entwickelt. Auf der Basis dieses Konzeptes wurden schwerpunktmäßig die Erfahrungen aus der *Entwicklung* und dem *Einsatz* hypermediabasierter Lernprogramme

---

[1] In der Informatik wird die Prototypenentwicklung im Kontext partizipativer Software-Entwicklung zunehmend als alternativer Ansatz im Vergleich zu traditionellen Konzepten des Software-Engineering diskutiert (Floyd 1989).

im Unterricht evaluiert. Eine ausführliche Darstellung des Evaluationskonzeptes findet sich im folgenden Kapitel dieses Projektberichtes.

2.4. Literaturhinweise

Baumgartner, P. (1995): Didaktische Anforderungen an (multimediale) Lernsoftware. In: Issing, L. /Klimsa, P.(1995): Information und Lernen mit Multimedia, Weinheim. S. 241-252

Baumgartner, P. / Payr, S. (1994): Lernen mit Software. Innsbruck

Ehn, P. (1988): Work-Oriented Design of Computer Artifacts. Arbetslivscentrum, Stockholm 1988.

Floyd (1989): Softwareentwicklung als Realitätskonstruktion. In: Lippe, W.-M. (Hrsg.) (1989): Software-Entwicklung. Konzepte, Erfahrungen, Perspektiven. Berlin, Heidelberg, New York. S. 1-20

Laessoe, J. / Rasmussen, L.B. (1989): Human-Centered Methods - Development of Computer-Aided work processes. Esprit-Projekt 1217 (1199). Human-Centered CIM-Systems, Deliverable R18. Institut for Sam-fundsfag, Danmarks Tekniske Hojskole, 1989.

Nake, F./ Schelhowe, H. (1993): Vom instrumentellen Medium. Kooperation in der Software-Entwicklung unter konfligierenden Leitbildern. artec-paper 26, Juli l993

II. Didaktische Dimensionen hypermedialer Simulation

Überblick

Im ersten Teil dieses Kapitels werden didaktische Möglichkeiten und Grenzen des Lernens mit *rechnergestützten Simulatoren* dargestellt. Erörtert werden aktuelle Forschungsergebnisse unter Berücksichtigung lernpsycholologischer und modelltheoretischer Aspekte. Diskutiert werden auch ökonomische Gesichtspunkte, die für den Einsatz von Simulatoren sprechen. Des weiteren wird die Problematik des Lerntransfers angesprochen, dabei werden Konzepte zur Beurteilung der Transferwirksamkeit des Simulationslernens problematisiert. Zum Schluß dieses Teiles werden die Defizite und Begrenzungen von Simulationssystemen dargestellt. Die Grundidee des Modellversuches HYSIM, Simulatoren in hypermediale Lernumgebungen[1] zu integrieren, um deren didaktische Wirksamkeit zu verbessern, wird formuliert.

Im zweiten Teil folgt zunächst ein Überblick über *Hypermedia* als eine neue Basistechnologie zur Entwicklung von modularen und leicht erweiterbaren (Simulations-)Werkzeugen. Nach einem kurzen historischen Rückblick folgen einige Begriffsklärungen zu den Bedeutungen von Hypertext und Hypermedien sowie die Klärung des Unterschieds zwischen Hypermedia und Multimedia. Im Anschluß daran werden Theorien zur Lernwirksamkeit von Hypermedien dargestellt. Dazu gehören die Bedeutung von Texten, Bildern, Animationen innerhalb von Hypermedien und die Bedeutung und Wirkung von Interaktion.

Der darauf folgende Abschnitt ist der näheren Betrachtung hypermediabasierter Simulation gewidmet. In diesem Teil sollen konzeptionelle Überlegungen zur Integration unterschiedlicher Simulationsmodule mit Hilfe von Hypermedia zu einem mehrperspektivischen Mehrebenensimulationssystem dargestellt werden. Dabei wird davon ausgegangen, daß durch die *Kombination von Simulation und Hypermedien* rechnergestützte Lernumgebungen realisiert werden können, die besondere lernförderliche Merk-

---

[1] Wir benutzen hier den Begriff *Lernumgebung*, um deutlich zu machen, daß in diesem Kontext sowohl Hard- und Software einschließlich begleitender Lermaterialien, Lernaufgaben sowie die hiermit im Zusammenhang stehenden didaktischen Prämissen in einer ganzheitlichen Lernsituation gemeint ist (vgl. hierzu auch die Ausführungen in Kap. II-3).

male im Vergleich zu konventionellen Simulatoren aufweisen. Perspektiven für den Einsatz hypermediabasierter Simulatoren im berufsbildenden Unterricht werden entwickelt.

Dieter Müller

1. Lernen mit Simulatoren

1.1. Einführung

Die Verwendung von Simulatoren als Lehr- und Lernmedium ist in der beruflichen Bildung nicht neu. Schon seit langer Zeit sind technische Modelle sowie das experimentierende Umgehen mit ihnen, also das, was mit Simulation bezeichnet wird, ein wesentliches Hilfsmittel in der technischen Bildung. Ferguson (1993) zeigt in einem historischen Rückblick die bedeutende didaktische Funktion von technischen Modellen in der Entwicklung und Verbreitung technischen Wissens (Ferguson 1993, S. 104ff, 134ff, vgl. auch Müller 1980, S. 209).

Im Fachunterricht der Berufsschule ist es nicht unüblich, technische Zusammenhänge, Vorgänge usw. mit Hilfe technischer (Funktions-) Modelle zu simulieren, z.B. mit Hilfe von Motoren, Pumpen, Regelungsstrecken oder Steuerungseinrichtungen. Diese technischen Modelle bestehen z.T. aus Komponenten realer Systeme, in vielen Fällen auch aus stark reduzierten Modellen, die nur wenige Attribute ihrer Originale abbilden, dennoch eine didaktische Funktion erfüllen.

Neue Perspektiven für den Einsatz der Simulation in der beruflichen Bildung eröffneten sich durch die Verfügbarkeit relativ preiswerter Arbeitsplatzrechner und Personal Computer Ende der 70er Jahre: Nun war es möglich, mit Hilfe rechnerbasierter Modelle die Simulation für neue Lernbereiche in der beruflichen Aus- und Weiterbildung einzusetzen. Im Zuge dieser Entwicklungen entstanden Ausbildungssimulatoren, die in erster Linie für das Beherrschen technisch komplizierter, stark computerisierter Systeme, wie Steuerungen, konzipiert und eingesetzt werden. Derartige Simulatoren findet man heute für rechnergestützte Fertigungseinrichtungen (z.B. CNC-Dreh- und -Fräsmaschinen, Industrieroboter) und Anwendungen aus der Steuerungstechnik (z.B. SPS, Pneumatik). Einige dieser Simulatoren, insbesondere für das Drehen und Fräsen, haben seit einigen Jahren eine größere Verbreitung in der beruflichen Bildung gefunden. We-

niger genutzt werden Simulationen für das Lehren und Lernen naturwissenschaftlicher Lerninhalte.

Untersuchungsergebnisse auf der Basis unterrichtsbezogener Fallstudien über die didaktische Wirksamkeit rechnergestützter Simulatoren in der beruflichen Bildung liegen kaum vor. Die wenigen durchgeführten Studien in diesem Bereich deuten darauf hin, daß Simulationsprogramme als interessant und anregend empfunden werden, dazu beitragen, Lernprozesse zu effektivieren und Ausbildungskosten zu reduzieren (Kusch 1992, Kummer 1990, Roy 1995). Allerdings werden auch die Grenzen der rechnergestützten Simulation sowie konzeptionelle und technische Mängel vorhandener Systeme deutlich. Eigene Erfahrungen stützen diese Ergebnisse (vgl. Böck/Müller 1990, Müller 1991a,1991b).

Didaktische Argumente für oder gegen das Lernen mit rechnerbasierten Simulatoren lassen sich viele nennen. Im folgenden werden wir einige uns besonders wichtig erscheinende Aspekte vor dem Hintergrund aktueller Forschungsergebnisse diskutieren.

1.2. Lernpsychologische und didaktisch-methodische Aspekte zum Lernen mit rechnerbasierten Simulationen

Lernpsychologische und didaktisch-methodische Begründungen zum Lernen mit Simulatoren basieren auf unterschiedlichen Theorien, Konzepten und Hypothesen: Lernprozesse mit Simulatoren enthalten Elemente des Problemlösens, des entdeckenden Lernens und des handlungsorientierten Unterrichts. Da Simulationen sui generis das Generieren und Testen von Hypothesen erfordern, finden wir hier auch Formen des experimentierenden Lernens. Simulationsmodelle sind immer auch "vereinfachte" Abbilder der Realität, insofern wird beim Lernen mit Simulationen auch die Frage der didaktischen Transformation und Vereinfachung angesprochen.

1.2.1. Simulationsmodelle als Mittel der Komplexitätsreduktion

Eines der häufig genannten Argumente für den Einsatz von Simulatoren im berufsschulischen Unterricht resultiert aus der Annahme, daß mit Hilfe der Simulation Zugänge zur Erschließung von komplexen Vorgängen ermöglicht bzw. komplexe Realität überhaupt erst erfahrbar gemacht werden

kann. Begründen läßt sich diese These sowohl aus einer lernpsychologischen als auch modelltheoretischen Perspektive.

Aus *lernpsychologischer* Sicht bewirkt der Einsatz realer Systeme im Unterricht in vielen Fällen, daß Lernende kognitiv überfordert werden – insbesondere wenn sie mit einer neuen Problematik konfrontiert sind: Lernbarrieren entstehen, weil Realsysteme in der Regel eine viel höhere Merkmals-, Funktions- und Bedienungskomplexität enthalten als entsprechend didaktisch aufbereitete Lernmedien. Dies bestätigen sowohl eigene Erfahrungen als auch Ergebnisse aus verschiedenen Forschungsprojekten (Bruns/Busekros/Heimbucher 1992). Es bedarf daher zusätzlicher Methoden und Konzepte, die es ermöglichen, praxisnahe Veranschaulichung und Konkretisierung im Unterricht so weit wie möglich zu erhalten und gleichzeitig die Komplexität realer Systeme kognitiv handhabbar zu machen. Hier liegt nun der spezifische didaktische Wert von Simulationen.

Wenn man aus den genannten Gründen nicht oder nur zu einem geringen Teil die realen Gegenstände für den Lehr- und Lernprozeß heranziehen kann, so muß man Repräsentationen dieser Gegenstände, also Modelle entwickeln, die die Gegenstände hinreichend genau abbilden, andererseits aber auch der Unterrichtssituation angemessen sind.

Aus der Sicht der *Allgemeinen Modelltheorie* (Stachowiak 1973, 1980, 1983) ist alles Erkennen ein Erkennen mit und an Modellen[1]. Insofern ist es didaktisch angemessenen und sinnvoll, in denjenigen Fällen, in denen reale Gegenstände für den Lehr- und Lernprozeß zu komplex sind, Modelle zu verwenden. Diese sollten einerseits relevante Realitätsaspekte abbilden und andererseits lernirrelevante Aspekte zugunsten einer Hervorhebung und Verdeutlichung des Wesentlichen weglassen.

---

[1] Nach der Allgemeinen Modelltheorie "ist alle Erkenntnis Erkenntnis in Modellen oder durch Modelle, und jegliche menschliche Weltbegegnung überhaupt bedarf des Mediums 'Modell': indem sie auf das - passive oder aktive - Erfassen von etwas aus ist, vollzieht sie sich relativ zu bestimmten Subjekten, ferner selektiv - intentional selektierend und zentrierend - und in je zeitlicher Begrenzung ihres Original-Bezuges" (Stachowiak 1973, S. 56). Diese Aussage zeigt Ähnlichkeiten zu anderen Theorien, die sich mit Lernen befassen; vgl. hierzu auch die Theorien *mentaler Modelle* (Dutke 1994).

Stellt man sich konsequent auf den Standpunkt der Allgemeinen Modelltheorie, so wird man in einer solchen Vorgehensweise alles andere als eine didaktische Notlösung sehen. Ropohl betrachtet die Modellmethode im Unterricht deshalb auch als "selbstverständliche Konsequenz reflektierender Erkenntnistheorie, während die [...] Versuche, den Unterricht zu 'den Sachen selbst' zu bringen, offenkundig eher einem naiven Realismus verpflichtet zu sein scheinen" (Ropohl 1980, S. 125).

Durch die Akzentuierung des Wesentlichen und der Unterdrückung des Unwesentlichen ist Simulation imstande, das Anliegen einer didaktischen Vereinfachung zu erfüllen. Die von Informatikern und Systemtheoretikern oft beklagte Tatsache, daß Simulatoren nur Teilaspekte der Realität abbilden, stellt sich pädagogisch gesehen nicht unbedingt als Nachteil dar: Komplexitätsreduktion ist in der Regel lernförderlich, da sie dazu beiträgt, einerseits Informationsvielfalt zu vermindern und anderseits elementare Komponenten des Systems stärker zu akzentuieren. Voraussetzung ist allerdings, daß lernrelevante Aspekte des Originalsystems identifiziert und in ein Simulationsmodell didaktisch transformiert werden können. Für die Gestaltung von rechnergestützten Simulationsmodellen resultiert daraus, daß die didaktische Transformation bzw. Modellbildung nach Maßgabe didaktisch leitender Intentionen (Lernziele) und im Hinblick auf die aktuelle Verständlichkeit (verständlich für die mit spezifischen Lernvoraussetzungen ausgestatteten individuellen Lernenden) erfolgen sollte.

Die Allgemeine Modelltheorie von Stachowiak bietet für die transformationelle Gestaltung und didaktische Beurteilung von Simulatoren einen entsprechenden theoretischen Bezugsrahmen. Durch die Explizität des in der Allgemeinen Modelltheorie entwickelten modelltheoretischen Begriffsapparats ist es möglich, die einzelnen Momente der Modellkonstruktion, Modellrepräsentation sowie des sonstigen operativen Umgangs mit Modellen genauer zu fassen.

Möhlenbrock hat in Anlehnung an Stachowiaks Modelltheorie ein didaktisches Transformationskonzept[2] entwickelt, welches auch in diesem Zu-

---

[2] "Didaktische Transformation ist die Abbildung eines vorgegebenen, als lernrelevant ausgewiesenen Wissenschaftsinhaltes (Transformandum) in einen vereinfachten, für Schüler verständlichen Lerninhalt (Transformat) unter Berücksichtigung rezeptiver und

sammenhang von Bedeutung ist (vgl. Möhlenbrock 1979). Bemerkenswert sind dabei insbesondere Möhlenbrocks Gedanken zur Entwicklung und Darstellung von Transformationsregeln, im Zuge dessen er fünf Formen möglicher Abbildungsfälle zusammenstellt (S. 163ff). Mit den "didaktisch-präterierten Inhaltselementen" macht Möhlenbrock in Anlehnung an Stachowiak deutlich, daß es bei jeder Modellbildung Attribute des Originals gibt, die nicht im Modell abgebildet werden, die also – aus welchen Gründen auch immer – von der Transformation ausgeschlossen sind. Es existieren aber auch Modell-Attribute, die keine Entsprechung im Original haben; sie werden "didaktisch-abundant" genannt (vgl. hierzu Abb. 1-1). Sowohl didaktische Präterition als auch Abundanz erfüllen eine erklärungsmethodische und *verständnisfördernde* Funktion (S. 156ff).

Obwohl es bei der didaktischen Transformation im Kern um die Überführung von Wissenschaftsinhalten in für Lernende verständliche Lerninhalte geht, also Aspekte der Simulation kaum berührt werden, konnte der Nachweis erbracht werden, daß die Allgemeine Modelltheorie ein tragfähiges Fundament liefert, wenn es um Fragen didaktischer und lernförderlicher Modellbildungen geht.

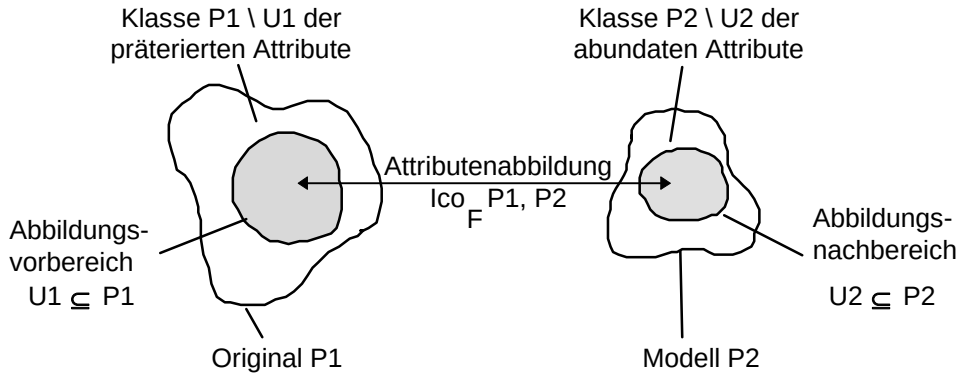


Abb. 1-1: Original-Modell-Abbildung
(nach Stachowiak 1973, S. 157; 1980, S. 30)

Modellbildungen im Zusammenhang mit rechnergestützten Simulationen lassen sich also im Rückgriff auf die Allgemeine Modelltheorie kategorial erfassen und unter Verständlichkeitsaspekten und Vereinfachungsge-

---

kognitiver Momente sowie unter Einbeziehung der Lernabsichten/-ziele, die sich mit dem Lerninhalt verbinden" (Möhlenbrock 1979, S. 147).

sichtspunkten beschreiben und beurteilen. Da das Lernen mit rechnerbasierten Simulationsmodellen verschiedene Formen des Umgangs mit Modellen, wie die *Modellkonstruktion* und die *Modellbenutzung*[3] beinhaltet, können Fragen der Verständlichkeit und der Komplexitätsreduktion[4] unter diesen Perspektiven diskutiert werden. Entsprechend lassen sich Abbildungskriterien und Transformationsregeln formulieren, die deutlich machen, auf welche Art und Weise didaktisch vereinfachte und damit lernförderliche Simulationsmodelle entwickelt bzw. in Lernsituationen bereitgestellt werden können. In diesem Sinne können lernförderliche und verständnisfördernde Komplexitätsreduktionen auf folgenden Ebenen erfolgen:

1. Auf der Ebene der *Modellkonstruktion* (Modellanalyse, Modelltransformation) durch
   - Auslassen und Vernachlässigung von Attributen des Originalbereiches bzw. durch eine Verringerung der inhaltlichen Angleichung des Modells an das Original im Sinne der *didaktischen Präterition*. Hierdurch resultiert im Modell eine verringerte Merkmalskomplexität, eine Vergröberung der Relationsstruktur und eine Reduktion des Informationsgehalts.
   - Anfügen verständlichkeitsfördernder Merkmale, z.B. mit Hilfe textueller, optischer oder akustischer Zusatzinformationen an das Modell im Sinne der *didaktischen Abundanz*. Hierdurch eröffnen sich für den Modellbenutzer Erweiterungen auf der Wahrnehmungsebene, die ebenfalls eine lernunterstützende Funktion besitzen.
   - merkmalszusammenfassende, *surjektive Modellierungen*, bei denen die Attribute des Originalsystems als solche insgesamt perzipiert, also nicht in Teilstrukturen aufgelöst werden (Generalisierung, Klassenbildung, Verwendung der Black-Box-Methode). Hieraus resultiert im

---

[3] Die Modellkonstruktion beinhaltet die Modellanalyse und die Modelltransformation, die Modellbenutzung auch das Modellexperiment und die Modellrepräsentation. Modelldestruktion und Modellmodifikation werden der Modellkonstruktion zugeordnet.

[4] Im modelltheoretischen Sinne kann "Komplexitätsreduktion [...] durch rigorose Beschränkung des Beschreibungs- bzw. Erklärungsaspekts auf Struktur, Prozeß und Funktion geschehen [...]" (Stachowiak 1973, S. 89).

Allgemeinen eine Verringerung der Detailtreue, allerdings auch eine höhere Übersichtlichkeit und Verständlichkeit im Modellbereich.

- *formal-strukturelle Modellierungen*, bei denen die Attribute des Originalsystems in strukturell ähnliche Modell-Attribute umkodiert werden, die dem Modellbenutzer bekannt bzw. für ihn verständlicher sind. Dies entspricht sog. Ähnlichkeits- oder Analogiemodellen, die den kognitiven Transfer (Übergang von bekannten zu neuen Wissensinhalten) vereinfachen helfen.

2. Auf der Ebene der *Modellbenutzung* (Modellexperiment, Modellrepräsentation) durch

   - die Wahl verständlicher symbolischer, textueller, grafischer oder gegenständlich-stofflicher Modellbeschreibungs- bzw. Modelldarstellungsmittel. Insbesondere wahrnehmungsnahe, vorbegriffliche, d.h. wenig formale Modellrepräsentationen sind konstitutiv für die Initiierung von Verstehens- und Erkenntnisprozessen.
   - die Verwendung multimodaler und multimedialer Modellbeschreibungen bzw. Modelldarstellungen.
   - die Verwendung und *Kombination* unterschiedlicher Modellbeschreibungs- bzw. Darstellungsmittel, wie z.B. gegenständlich-stoffliche Modelle, die in Kombination mit anderen Modellrepräsentationen Lernprozesse unterstützten.

Wie im einzelnen Original-Modell-Abbildungen erfolgen, wird, wie die Allgemeinte Modelltheorie deutlich macht, wesentlich durch didaktisch-pragmatische Faktoren, wie Subjekt, Zeit- und Zweckbezug bei der Modellierung, bestimmt. Modellbildungen unterliegen dementsprechend dem Frageschema: "Modell wovon, für wen, wann, wozu" (Stachowiak 1980, S.29). Entsprechend ist es möglich, verschiedenartige Abbildungsfälle in ihrem jeweiligen didaktisch-pragmatischen Kontext zu unterscheiden und zu bewerten.

1.2.2. Lernmotivation

Es gibt Hinweise dafür, daß die Vorzüge von Simulatoren zu einem nicht unwesentlichen Teil in ihren motivierenden Wirkungen liegen. In einer spiel-soziologischen Studie wurde die natürliche Disposition des Men-

schen betont, sich Lernerfahrungen auf spielerischem Wege anzueignen (Moore /Anderson 1976). Wie Dieterich (1994) bezugnehmend auf obige Studien betont, ist "die Aufhebung der Antinomie von Spiel und Ernst [...] die anthropologische Basis der motivierenden Wirkung von Simulation" (S. 218f). Im einzelnen liegt, so Dieterich, die motivierende Wirkung der Simulation in folgenden Faktoren begründet*: Physiologische Aktivierungsmotive, Selbstausdruck, Selbststeigerung* und *kognitive Motive.*

Physiologische Aktivierungsmotive basieren darauf, daß Simulatoren Lernende zur körperlichen Aktivität eher herausfordern als andere Lernformen. Dies gilt insbesondere für Simulationssysteme, die mit multisensorischen, dem Original entsprechenden Ein- und Ausgabeschnittstellen versehen sind, wie Flug- und Fahrsimulatoren. Wie Dietrich in einer Studie zur LKW-Fahrsimulation nachgewiesen hat, begünstigen geeignete Simulatoren handlungsintensive Aktivitäten des Lernenden und fördern auf diese Weise "eine funktionale Art von Streß, die Handlungsbereitschaft begünstigt und in der Lernhandlung wieder bewältigt wird" (S. 219).

In Simulatoren wird immer auch die Wirkung eigenen Handelns abgebildet. Ein Druck auf den Startknopf eines Roboter-Simulators entscheidet beispielsweise darüber, ob Werkstücke korrekt mit dem Roboter plaziert werden oder ob es zu Kollisionen und Zerstörungen kommt. Hierdurch hat der Lernende die Möglichkeit, Dinge nicht nur intellektuell zu beherrschen, sondern sie auch physisch real zu kontrollieren, Ereignisse nicht nur kognitiv zu verstehen, sondern zu bewirken und zu verursachen. Das Bedürfnis, die Welt nicht nur kognitiv zu erfassen, sondern physikalisch real zu kontrollieren, Dinge zu beeinflussen, Ereignisse eintreten zu lassen, wird als *Selbstausdruck* bezeichnet (Dieterich 1994, S. 219). Die Möglichkeit, sich mit Simulationen im Gegensatz zu theoretischem Lernen, das nur mental stattfindet, selbst auszudrücken, hat in jedem Fall eine lernmotivierende Funktion.

Unter eher tiefenpsychologischen Gesichtspunkten betrachtet, hängt die lernmotivierende Funktion eng damit zusammen, daß (Simulations-) Modelle immer auch eine Vergegenständlichung *individueller* Erfahrungen,

Interessen und Phantasien darstellen[5]. Dementsprechend besitzen Modelle genau genommen *nur* für bestimmte individuelle Subjekte eine Ersetzungsfunktion bezüglich eines bestimmten Originalsystems. Diese für didaktische Vorhaben bedeutsame Dimension wird in der Allgemeinen Modelltheorie als die "erste pragmatische Relativierung" bezeichnet (Stachowiak 1973, S. 131f). Sie macht deutlich, daß Modelle sehr an subjektive Faktoren gebunden sind und unterschiedliche Modellbenutzer zum Teil sehr verschiedenartige Vorstellungen und Begriffe mit einem Modell verbinden. Ist eine Lerngruppe sehr inhomogen zusammengesetzt, können sich deshalb Probleme ergeben, wenn nicht an die individuellen Lernvoraussetzungen adaptierbare Modelle eingesetzt werden. Eine didaktisch flexible Möglichkeit besteht darin, im Unterricht Modellbausteine einzusetzen, die dann von den Lernenden entsprechend ihrer eigenen Lernvoraussetzungen kombiniert oder gestaltet werden können.

Selbststeigerung (Self-Enhancement) ist eine weitere motivationsförderliche Komponente, die im Simulator-Lernen in besonderer Weise stimuliert werden kann. Selbststeigerung basiert auf dem Bedürfnis, vorhandene Fähigkeiten anzuwenden und zu steigern. Das Erfahren des Anstiegs der eigenen Leistungsfähigkeit beinhaltet für viele Individuen eine befriedigende Funktion. Insofern stellt "diese Selbststeigerung [...] ebenfalls eine anthropologische Fundamentalkategorie der Motivation dar" (Dieterich 1994, S. 219). Dies erklärt auch die Neigung vieler Kinder und Erwachsener bei simulationsähnlichen Computerspielen, eine Punktzahl, die ein Simulator ausweist, nicht einfach zu akzeptieren, sondern das Spiel immer wieder fortzusetzen, um das eigene Ergebnis zu verbessern.

Dieterich nennt noch weitere *kognitive Motive*, wie z.B. "Neugier, Wissenwollen, Tendenz zur Einsicht" (S. 220), die besonders im Umgang mit rechnergestützten Simulationen geweckt werden: "Der Technik wohnt eine Faszinationskraft inne, die bei vielen Menschen nur deshalb nicht zur Wirkung kommt, weil sie vor Hochtechnologie intellektuell kapitulieren müssen. Lernsimulatoren stellen aber eine Art von Technik dar, deren Sinn

---

[5] Die Möglichkeit der *Vergegenständlichung* von Erfahrungen, Interessen und Phantasien ist allerdings daran gebunden, daß der Benutzer 'sich zerstreut auf die Sache einlassen' kann, ohne daß sich die Technik resp. der Rechner zu stark in das Zentrum der Wahrnehmung schiebt.

transparent ist und deren zweckgerechte Bedienung auch von vornherein gelingt. Der sinngemäße Umgang mit komplexem Hightech-Gerät motiviert den Lernenden durch Integration in eine technische Welt, die er sich dienstbar machen kann" (S. 220).

1.2.3. Experimentelles Lernen

Viele Ansätze und Begründungen zum Lernen mit Simulatoren entwickeln sich aus dem experimentierenden Lernen (Schulmeister S. 356). Da Simulation per Definition die Abbildung von Aspekten eines dynamischen Systems in einem Modell und das anschließende Experimentieren mit diesem Modell beinhaltet (vgl. Bruns 1990, S. 157f), ist diese Begründung naheliegend. Die besondere Bedeutung und didaktische Reichweite des experimentierenden Lernens in der beruflichen Bildung ist ausführlich untersucht und gewürdigt worden (vgl. Eicker 1983, Hass 1979, Rauner 1992).

Die Darstellung von Chapanis und Van Cott (1972) verdeutlicht anschaulich die Rolle, die die Simulation innerhalb des breiten Spektrums von Experimentierumgebungen einnimmt. Experimentierumgebungen reichen von der realen Welt über Feldstudien und den Einsatz von Simulatoren bis zu Laborexperimenten. Untersuchungen in der realen Welt und Feldstudien – ebenfalls in der realen Welt, aber unter kontrollierten Bedingungen – werden am Echtsystem durchgeführt. Dagegen werden bei Simulations- und Laborexperimenten Nachbildungen des gesamten technischen Systems, häufiger jedoch nur an ausgewählten Teilen- und Untersystemen, oder von mehr oder weniger stark vereinfachten Teilaspekten eingesetzt. Wie die Abbildung zeigt, nimmt der Echtheitsgrad der Experimentierbedingungen von den Beobachtungen in der realen Welt über Feldstudien und Simulationen zu den Laborexperimenten ab, wohingegen die Leichtigkeit und Flexibilität der experimentellen Durchführung in der gleichen Richtung zunimmt. Der Wert von Simulationsexperimenten liegt dementsprechend darin, daß die zu untersuchenden Variablen relativ leicht und genau veränderbar bzw. kontrollierbar sind.

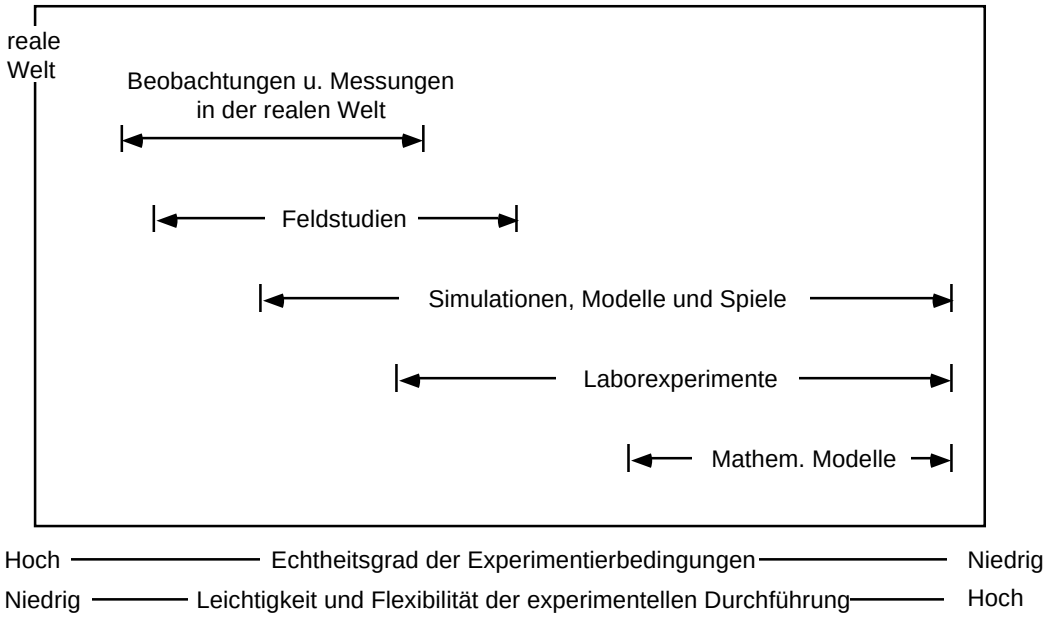


Abb. 1-2: Spektrum von Experimentierumgebungen (nach Chapanis, Van Cott, 1972)

Unter lernpsycholologischen Aspekten betrachtet beinhaltet das Generieren und Testen von Hypothesen innerhalb von Simulationen besondere lernförderliche Momente. Insbesondere der Wechsel von Hypothesengenerierung und Hypothesentesten enthält Elemente entdeckenden und explorierenden Lernens (Duffield 1991).

Der *experimentelle* Charakter der Simulation bietet darüber hinaus den besonderen Vorteil, daß der Modellbildungsvorgang ähnlich konstruktive Elemente der Erkenntnisgewinnung enthalten kann wie auch der Bau eines Realsystems. Das Realsystem wird im allgemeinen aber nur einmal mit der Zielsetzung aufgebaut zu funktionieren. Das Modell dagegen kann beliebig oft rekonstruiert werden. Hervorstechendes Merkmal der Simulation ist hier ihre ausgeprägte *virtuelle* und experimentelle Qualität sowie die vergleichsweise elegante Verfügbarkeit der Technologie für den Anwender.

1.2.4. Problemlösen

Zahlreiche Autoren gehen davon aus, daß problemlösendes Denken mit Hilfe rechnergestützter Simulatoren besonders gut gelehrt und gelernt werden kann, weil hiermit Problemlösestrategien simuliert und Ursache-Wirkungszusammenhänge transparent gemacht werden können.

So ist Kummer (1991) in seinen Studien, in denen rechnergestützte Simulationen im Politik- und Wirtschaftslehreunterricht in der Berufsschule eingesetzt und evaluiert wurden, zu dem Ergebnis gekommen, daß das "Problemlöseverhalten" von Lernenden durch rechnergestützte Simulation im Unterricht gefördert werden kann (S. 192ff). Der Autor konstatiert, daß diejenigen Lerngruppen, die mit Simulatoren lernen konnten, bei Problemlösungen erfolgreicher seien als Vergleichsgruppen, die ohne Simulatoren lernten. "Die 'erfolgreichen Gruppen' unterschieden sich offensichtlich von den 'weniger erfolgreichen Gruppen' durch

- angemessenes Erfragen von problemrelevanten Informationen,
- optimalere Variablenberücksichtigung,
- frühzeitiges Erkennen der Systemvernetzung,
- Beibehalten der Maßnahmenschwerpunkte,
- Verwendung abstrakter Analogieschlüsse und
- Beobachtung der eingeleiteten oder veränderten Prozesse" (Kummer 1991, S. 193f).

Dörner hat in einem psychologischen Experiment, in welchem Versuchspersonen mit Hilfe eines Simulationsprogramms ein komplexes, fiktives System simulieren konnten, das Problemlöseverhalten der Versuchspersonen bezüglich eines adäquaten Umgangs mit dem System beobachtet und ausgewertet. "Das Gute wollend, schufen sie in einer Computersimulation das Chaos" (Dörner 1976, S.48). Den Grund für das Versagen der einzelnen Versuchspersonen sieht Dörner in der geringen Fähigkeit zum Problemlösen (S.51). Aus den Ergebnissen leitete Dörner u.a. die Forderungen ab, daß Menschen lernen müssen, in kausalen Netzen statt in Kausalketten zu denken. Das Denken in Kausalketten ist ein Denken in einfachen Wenn-Dann-Beziehungen und in linearem Ursache-Wirkungs-Denken, das Denken in kausalen Netzen beinhaltet dagegen ein Denken in Systemen, daß – so Dörner – besonders für das Problemlösen in unbestimmten und komplexen Problemsituationen[6] geeignet sei. Dörner stellt die These auf, daß sich entsprechende Problemlösefähigkeiten in Simulationen besonders gut anwenden, trainieren und verändern lassen, nämlich

[6] Zur Definition von *Problemsituationen* siehe Edelmann (1993, S. 342).

dadurch, daß die Wirkungen eigenen Handelns beobachtbar und damit modifizierbar werden. Da Rechnerprogramme letztendlich komplex vernetzte Strukturen repräsentieren, sei der Lernende auch mit Hilfe dieser Technik in der Lage, diese leichter zu erfassen.

Vester (1984) argumentiert in ähnlicher Weise und plädiert dafür, mit Hilfe rechnergestützter Simulationen "vernetztes Denken" zu trainieren, um Lernende auf diese Weise auf komplexe Problemsituationen vorzubereiten. Dabei geht Vester davon aus, daß Simulationen in besonderer Weise geeignet sind, vernetzte Strukturen und Prozesse in komplexen Systemen, die mit Hilfe unserer intuitiven Wahrnehmung nicht erfahrbar sind, wieder verstehbar zu machen. Vester hat seinen Ansatz praktisch umzusetzen versucht: In dem von ihm konzipiertem Umwelt-Simulationsspiel "Ökolopoly" lernt der Spieler ein Ökosystem in seiner Komplexität (Anzahl von Systemkomponenten), seiner Dynamik (Veränderung des Systems über die Zeit), seiner Vernetztheit (Abhängigkeit der Systemvariablen untereinander) und seiner Transparenz nach und nach zu durchschauen und zu beherrschen.

Andere Autoren (vgl. Daldrup 1987, S.28) weisen allerdings darauf hin, daß die mit Hilfe von Simulationen zu bearbeitenden Probleme sich auf kognitive Analysen und Manipulationen ausgewiesener Systemparameter beschränken. Hierdurch werde das "unlösbare Realproblem zu einer lösbaren Aufgabe (in einem Spiel) transformiert" (Lauterbach 1985, S. 23). Diese Argumente sind sicherlich nicht ganz von der Hand zu weisen, allerdings abhängig von dem jeweiligen Anwendungsbereich. Insofern existieren auch gegensätzliche Thesen zum Verhältnis von Spiel und Ernst in Simulationen (vgl. dazu auch das Kap. II-2.3).

1.2.5. Selbstgesteuertes Lernen

In der Berufspädagogik werden in jüngster Zeit zunehmend Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes rechnerunterstützter Lernprogramme im Rahmen sogenannter selbstgesteuerter Lernprozesse diskutiert. Rechnergestützte Simulationen scheinen hier besondere Potentiale zu bieten. Charakteristisch für selbstgesteuerte Lernprozesse sind "Spielräume für die selbständige Festlegung von Lernzielen, Lernzeiten und Lernmethoden [...]. Der Lernende muß diese Spielräume wahrnehmen und tatsächlich fol-

genreiche Entscheidungen über das eigene Lernen treffen und diese wenigstens zum Teil in Lernhandeln realisieren [...]" (Weinert 1982, S.102f).

In einer vergleichenden Bewertung von CNC-Ausbildungskonzepten (simulations- und werkzeugmaschinenorientierte Ausbildung) kommt Kusch zu dem Ergebnis, daß durch rechnergestützte Simulationen Selbstlernprozesse im Vergleich zu anderen Methoden gefördert werden können. Insbesondere sei eine anspruchvolle 3D-Visualisierung des Zerspanungsprozesses hilfreich für die eigenständige Bewältigung (Fehlersuche und -beseitigung) schwieriger Programmteile (Kusch 1992, S. 88f).

Unabhängig von überzogenen und pädagogisch auch problematischen Vorstellung des Selbstlernens am Rechner als generelles Lernprinzip sind ohne Zweifel Konzepte interessant, die Lernenden den individuellen Umgang mit Software erleichtern, ohne gleich Lehrkräfte überflüssig machen zu wollen. Im Zusammenhang mit rechnergestützter Simulation stellt sich beispielsweise die Frage, wie die selbst für Experten schwierige Phase der Modellbildung so gestaltet werden kann, daß auch Anfänger möglichst ohne externe Hilfe zu funktionierenden Modellen gelangen können.

Als ein intermediäres Konzept (Zwischenglied), das Lernende auf einen Weg zur angemessenen Konzeptionierung von Modellen bringen könnte, diskutiert Hartog ein qualitatives Kausalmodell, das im Alltagsdenken eine wichtige Rolle spielt (Hartog 1989). Selbst wenn solche Denkformen von einigen Didaktikern als unwissenschaftlich angesehen werden, kann man nicht übersehen, daß sie für kognitive Prozesse eine bedeutsame Rolle spielen. Wissenschaftlich interessante Perspektiven bieten dazu insbesondere Ansätze der sog. qualitativen Simulation (vgl. Übersicht bei Puppe 1990, S. 103).

Die Technik der qualitativen Simulation dient zur Vorhersage in Bereichen, in denen die konventionellen Typen der Simulation (numerisch und analytisch) zu detailliert bzw. zu aufwendig sind. Die Kernidee ist dabei die Vereinfachung der Struktur- und Verhaltensbeschreibung des zu simulierenden Systems auf qualitative Zusammenhänge (z.B. 'wenn der Parameter A zunimmt, steigt auch der Parameter B'). Unsicherheiten, die aus dem Zusammenwirken mehrerer Einflüsse auf einen Parameter mit unterschiedlichen Vorzeichen resultieren, werden meist durch eine Fallunterscheidung und paralleles Weiterverfolgen der möglichen aktiven Prozesse

behandelt. Bekannte Ansätze zur qualitativen Mehrphasensimulation sind QSIM (Kuipers 1984) und QPT (Qualitative Process Theory) (Forbus 1984). Eine fachdidaktische Aufarbeitung dieser – im Umfeld der 'Künstlichen Intelligenz' (KI) entstandenen – Konzepte in Verbindung mit dem Simulationslernen in der beruflichen Bildung, steht noch aus.

1.2.6. Entdeckendes Lernen

Laurillard (1987) betont die Möglichkeit des explorativen, entdeckenden Lernens mit Hilfe der Simulation. Er nennt hierfür drei wesentliche Vorteile, die Simulationen gegenüber anderen Formen des rechnergestützten Lernens aufweisen: "There are three ways in which the simulation is a pedagogical advance on the conventional tutorial form: (a) it gives the student direct access to the domain model, rather than mediating this through dialogue; (b) because of this, the explanations are implicit in the behaviour of the model, giving the student experience of its behaviour, rather than being articulated through a verbal description, which only tells about the behaviour; and (c) the student has complete control over the solution path" (Laurillard 1987).

Borsook und Higgenbotham-Wheat (1991) verweisen darauf, daß rechnerbasierte Simulationen im Vergleich zu anderer Software die höchste Interaktivität ermöglichen: "It allows a level of interactivity not rivaled by many other types of computer software " (S. 16). Durch diese neuen Interaktionsmöglichkeiten eröffnet sich, wie Schulmeister hervorhebt, ein relativ freier Umgang mit Programmen, in dessen Verlauf inhärente Programmfunktionen entdeckt und quasi während der Interaktion gelernt werden (Schulmeister 1989, S.25).

Dutke (1994) betont, daß das Lernen durch eigenständiges Handeln am System im Sinne einer "Systemexploration" für den Aufbau mentaler Modelle bedeutsam ist und entsprechend lernförderliche Momente enthält (Dutke 1994, S.146).

Für Bruner (1973), der das Prinzip des *entdeckenden Lernens* Anfang der 60er Jahre wieder aufgegriffen hat, ergibt sich Kompetenz und Wissen nicht quasi automatisch aus der Wissensstruktur von Lerninhalten, sondern wesentlich aus der Methode des Erwerbs. Die Methode dafür bezeichnet er als "guided discovery learning" (gelenktes Entdeckungslernen). Die Ein-

übung in die heuristischen Methoden der Entdeckung soll dabei im Mittelpunkt des Unterrichts stehen: "... je mehr man geübt ist, um so eher wird man das Gelernte zu einem Problemlösungs- und Fragestil verallgemeinern können, der sich auf jede oder fast jede angetroffene Aufgabenart anwenden läßt" (Bruner 1973, S. 26).

Obwohl sich Simulationen – im streng wissenschaftlichen Sinne – weniger an einer Heuristik des Entdeckens im Sinne Brunners, sondern stärker an einem Modell wissenschaftlichen Forschens und Experimentierens orientieren, können sie, wie einige Pädagogen betonen, didaktisch in explorativen Situationen eingesetzt werden (Schulmeister 1996, S.355).

Die daraus resultierende Frage, inwieweit "Vorformen" der Simulation, wie etwa spielerisches Probieren und unsystematisches Experimentieren mit rechnergestützten Modellen lernförderliche Momente enthalten, ist in der Technikdidaktik unerforscht. Im Hinblick auf das rechnergestützte Lernen von Kindern finden sich allerdings solche Gedanken bei Papert (1994), der dafür plädiert, Lernenden konkret-operative Zugangsmöglichkeiten zu den neuen Techniken zu verschaffen; Zugangsmöglichkeiten, die nicht der Lehrer auf ein genau definiertes Ziel hin vorherbestimmt, sondern die von den Lernenden im Rahmen selbstbestimmter Lernprozesse erobert und erschlossen werden sollen. In diesem Kontext benutzt Papert in Anlehnung an den Anthropologen Claude Lévi-Strauss den Begriff *bricolage,* der in etwa mit "zurechtbasteln" übersetzt werden kann (S. 148, 159).

"Die wichtigsten Grundsätze von *bricolage* als einer Methodik für geistige Aktivität sind: Nehmen, was man hat, improvisieren, sich behelfen. Und ein wahrer *bricoleur* hat Werkzeuge in seiner Kiste, die über einen langen Zeitraum durch einen Prozeß, bei dem nicht nur der praktische Nutzen eine Rolle spielte, ausgewählt worden sind. Diese mentalen Werkzeuge sind genauso abgegriffen und bequem wie die materiellen Werkzeuge des reisenden Kesselflickers; sie werden das Gefühl des Vertrautseins, des sich Wohlfühlens vermitteln, sie werden das sein, was lllich als 'umgänglich' und ich in *Gedankenblitze*[7] als 'syntonisch' bezeichnet habe. Hier verwen-

---

[7] Anmerkung, D.M.: Papert, S. (1980): Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas. New York; dt. Gedankenblitze: Kinder, Computer und neues Lernen. Reinbeck 1985.

de ich das Konzept des *bricolage*, um Vorstellungen und Modelle zu entwickeln, mit denen die Fertigkeiten mentale Konstruktionen zu bauen - und zu reparieren und auszubessern - verbessert werden können. Ich behaupte, daß es möglich ist, systematisch seine Fähigkeiten als *bricoleur* zu verbessern [...]" (Papert 1994, S. 159).

Bricolage beschreibt sehr zutreffend eine Methode des Entdeckens, die in spezifischen Phasen des experimentierenden Umgehens mit Simulationsmodellen außerordentlich wichtig ist. Aus verschiedenen Simulationsprojekten (Fertigungssimulation, Hafensimulation)[8], die in Kooperation mit Industriepartnern durchgeführt wurden, wissen wir, daß gerade in frühen Phasen der Modellentwicklung das Konzept des *bricolage* wichtig ist, um zu angemessenen konzeptuellen Modellen zu gelangen. Allerdings ist die Berufspädagogik noch weit davon entfernt, *bricolage* (im Sinne von Zurechtbasteln) als eine Lernmethode zu akzeptieren.

1.2.7. Handlungsorientiertes Lernen

Es ist u.a. ein Ergebnis der intensiven Diskussion um die Möglichkeiten des handlungsorientierten Lernens in der beruflichen Bildung, wieder deutlich gemacht zu haben, wie weit im Unterricht der Berufsschule eine verbale Auseinandersetzung mit meist abstrakten Inhalten dominiert (Söltenfuß 1983, Schulz 1992). Dies gilt insbesondere für diejenigen Lerngegenstände, die aus rein praktischen Gründen, wie Verfügbarkeit, Kosten, Sicherheitsaspekte usw., im Unterricht nicht zur Verfügung stehen können. Insofern bestehen oft nur sehr eingeschränkte Möglichkeiten, die authentische Wirklichkeit der modernen Arbeitswelt in all ihren Ausprägungen deutlich zu machen. Andererseits lassen sich viele Lerninhalte nur sinnvoll in einem handlungsorientierten Aneignungsprozeß sowie im Verlaufe eines stark individualisierten Lernprozesses vermitteln. Hierunter fallen praktisch alle Programmierübungen, Experimente zur Fehlersuche und -diagnose und Optimierungsaufgaben sowie Übungen zur Bewertung unterschiedlicher technischer Lösungsansätze und konstruktive Entwurfsaufgaben.

---

8 Vgl. Bruns / Busekros, / Heimbucher (1992).

Was Simulation hier leisten kann, ist die Ermöglichung "konkreter" Erfahrung, zwar nicht am realen Objekt selbst, da die direkte Konfrontation mit dem Orignal aus vielerlei Gründen (Unfallgefahr, individuelle Verfügbarkeit, Bereitstellungsaufwand, Kosten) nicht stattfinden kann, sondern mit seinem modellhaften Ersatz (vgl. Roy 1995). Hier kann der Lernende "frei von wirtschaftlichem Druck bzw. Ängsten" aus Fehlern lernen und situationsangemessen überlegt agieren (Kusch 1992, S. 88).

1.3. Das Verhältnis von Spiel und Ernst beim Lernen mit Simulatoren

Viele ihrer Erfahrungen sammeln Menschen im Zuge eines spielerischen Umgangs mit modellartigen Abbildungen von Dingen aus ihrer Umwelt. Nicht ohne Grund erfreut sich simulationsähnliches Spielzeug, wie Modelleisenbahnen, Auto- und Flugzeugmodelle, Puppenstuben, Modellbaukästen usw. bei vielen Kindern, aber auch Erwachsenen, einer so großen Beliebtheit. Entsprechend läßt sich auch die Faszination, die rechnergestützte 'Spiel- und Mikrowelten' und simulationsähnliche Computerspiele[9] auf viele ausüben, erklären: "In diesem Sinne sind auch Lernsimulatoren Vermittler spielerischer Lernformen" (Dieterich 1994, S. 212), auch wenn dies in der Regel nicht intendiert ist.

Dieterich (1994, S. 212) macht in diesem Zusammenhang auf die "anthropologisch-fundamentale Natur des spielerischen Umgangs mit Simulation" aufmerksam. Er bezieht sich auf Moore / Anderson (1976), die in ihrer spiel-soziologischen Studie auf eine Disposition des Menschen hingewiesen haben, sich (Lern-)Erfahrungen auf spielerischem Wege anzueignen. Interessant ist, daß offensichtlich Menschen aller Kulturen zu allen Zeiten sich so etwas wie theoretische Modelle (Moore / Anderson bezeichnen diese als "folk-models") ihrer Realität zurechtgelegt haben: "Diese Modelle fungieren als Steuerinstanzen des Verhaltens. Sie umfassen vier Hauptbereiche: (l) Mensch und Natur, (2) Mensch und Zufall oder unvorhersehbare

9 Vgl. beispielsweise das Computerspiel *Myst* (Brøderbund Software and Cyan), in dem Benutzerinnen und Benutzer in eine stimmungsvolle Phantasiewelt entführt werden oder auch das Simulationsspiel *The Incredible Machine* mit dem auf anregende Weise unglaubliche Maschinen konstruiert werden können.

Aspekte der Erfahrung, 3) Mensch und Muster der Interaktion mit anderen Menschen, (4) Mensch und ästhetisch-normative Aspekte des Lebens in Gruppen [...] Diese Modellkategorien stellen auch die Konstruktionsprinzipien moderner Planspiele und Simulatoren. Simulatoren als nachgeahmte Realität sind somit Spiegelbilder der konstruierten Wirklichkeit, die wir selbst im Kopfe haben" (Dieterich 1994, S. 213).

George Herbert Mead (1934) hat gezeigt, daß Spielzeug und Spiel[10] für die Entwicklung der Persönlichkeitsstruktur in der Kindheit von größter Bedeutung sind: Kinder konstruieren in Rollenspielen soziale Realität und erlernen (auch emphatisch) den Umgang mit neuen Situationen (vgl. hierzu auch Baumgartner/Payr 1994, S.166). In diesem Sinne bilden auch Simulatoren nicht nur Aspekte der Realität ab, sondern schaffen auch eigene Wirklichkeiten; sie besitzen in vielen Fällen – insbesondere wenn sie soziale Phänomene modellieren – eine persönlichkeitsbildende Funktion.

Den ursprünglichen Zusammenhang von Spiel und Lernen macht folgendes Zitat deutlich: "[...] 'Pais' (Kind), 'paidia' (Spiel) und 'paideia' (Erziehung, Bildung) sind griechische Worte, die Wurzeln offenbaren, in denen Spiel und Ernst, Bildung und Erziehung für das Kind noch im ursprünglichen Sinne verbunden sind. [...] Spielende Kinder benützen ihre Phantasie, Spielzeug, Material, Worte, Selbstgespräche - damit setzen sie Gelesenes, Gehörtes, Erinnertes oder individuell Vorgestelltes um - sie kreisen dabei um ihre eigene Mitte, ihre Wesensmitte, sehen sich selbst als Mittelpunkt, den sie unbewußt suchen und der sie zur 'Kon-Zentration' führt" (Zitzlsperger , S. 186).

Der Philosoph Vonessen betrachtet Ernst und Spiel als Pole eines Bogens und präzisiert: "Verspieltheit ist Nichternst, denn Ernst ist wahrhaftes Spiel, und erst das ist Kultur" (Vonessen 1976, S. 24). Spiel und Ernst gehören danach zusammen. Huizinga (1956, S. 56) dagegen sieht das Spiel als etwas höheres, das quasi dem Ernst übergeordnet ist: "[...] Ernst ist Nicht-Spiel und nichts anderes. Der Bedeutungsinhalt von Spiel dagegen ist [...] etwas Eigenes. Der Begriff Spiel als solcher ist höherer Ordnung als der des Ernstes. Denn Ernst sucht Spiel auszuschließen, Spiel jedoch kann sehr wohl den Ernst in sich einschließen".

---

[10] Zur Unterscheidung von *Spiel* und *Spielzeug* vgl. Baumgartner/Payr 1994, S. 165f.

Ohne Zweifel liegt in dem Verhältnis von Spiel und Ernst ein lernpsychologisches Element, das gerade im Zusammenhang mit dem Simulationslernens äußerst bedeutsam ist. Dieterich (1994) betont, daß in der Polarität von Spiel und Ernst die besondere didaktische Bedeutung von Simulatoren liege[11]: "In dieser Polarität von Spiel und Ernst liegen Gefahren und Vorteile der Simulation zugleich" (S. 212).

Pädagogisch gesehen stellt die Unterschätzung des Ernstcharakters ein Defizit des Lernens mit Simulationen dar: "Wenn ein Absturz im Flugsimulator, ein Unfall im Fahrsimulator genauso locker weggesteckt würden wie ein Herauswurf beim 'Mensch-ärgere-dich-nicht-Spiel', wäre das Gütekriterium der 'Lerneffienz-Sicherheit' des Simulatorlernens verletzt" (Dieterich 1994, S. 212).

Andererseits ist die Risikolosigkeit des spielerischen Umgangs mit Simulatoren lernförderlich, weil Lernbarrieren, wie z.B. die Angst, sich zu verletzen oder etwas zu zerstören, verringert werden. Darüber hinaus liegen didaktische Vorzüge von Lernsimulatoren im Vergleich mit anderen Lernmedien zu einem nicht unwesentlichen Teil in ihren motivierenden Wirkungen: sie initiieren spielerische, handlungsintensive Lernformen[12], obwohl dies in institutionellen Lernprozessen oft gar nicht intendiert ist.

Die anthropologischen Bedeutungen des Spiels sind in mehrfacher Hinsicht auch für das Lernen mit Simulatoren pädagogisch bedeutsam: *Simulatoren haben viel mit Spielzeug gemein und die Beschäftigung mit Simulatoren hat viel mit Spielen zu tun. In der Polarität von Spiel und Ernst liegt eine besondere didaktische Qualität von Simulatoren.*

---

11 Dieterich gibt aufschlußreiche *historische* Beispiele aus dem militärischen Bereich, in denen entweder der Ernstcharakter oder die Vorzüge des Spiels verkannt wurden (1994, S. 212).

12 Zur lernpsychologischen Bedeutung *spielerischer* Lernformen im Zusammenhang des handlungsorientierten Unterrichts finden sich informative Hinweise bei Möller 1987, S.378ff.

1.4. Ökonomische Aspekte

Als ein wichtiges Argument für den Einsatz von Simulatoren werden oft ökonomische Gründe angeführt. In der Tat sprechen ökonomische Argumente für den Einsatz von Simulatoren: sie haben in der Regel einen relativ niedrigen Anschaffungspreis im Vergleich zu einem Realsystem, sind transportabel, weil auf Mikrocomputern verfügbar, haben einen geringen Energieverbrauch, kaum Folgekosten und bieten die Möglichkeit einer effektiven Auslastung. Aufgrund kurzer Innovationszyklen und der damit notwendigen Ersatzinvestitionen ist die bedarfsdeckende Beschaffung von kostspieligen Realsystemen und Anlagen wie beispielsweise CNC-Maschinen und Handhabungsroboter für viele berufliche Bildungsstätten auch nicht sinnvoll. Es ist deshalb davon auszugehen, daß durch Simulatoren partiell kostspielige Realsysteme für Unterrichtszwecke ersetzt bzw. ergänzt werden können und sinnvolle Einsparungen möglich sind.

Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt Kusch in seiner CNC-Studie (siehe oben): "Die Möglichkeit einer zeitgleichen (parallelen) Ausbildung von Teilnehmern an mehreren Computersimulationssystemen vermindert die Lehrgangsgesamtdauer. Darüber hinaus ist ein solches Ausbildungssystem deutlich *kostengünstiger* (Hervorh., D.M) als eine vergleichbare Anzahl von CNC Werkzeugmaschinen" (Kusch 1992, S. 89).

Wie Dieterich zutreffend anmerkt, sind ökonomische Aspekte auch in einem umfassenden psycho-ökonomischen Sinne zu verstehen. Er nennt hier neben finanziellen Einsparungen u.a. folgende Aspekte: "- Ersparnis an Lernaufwand, - Lernschwierigkeit und Lernzeit, - Psychische Ersparnis von Belastung, Mißerfolg und Sanktionen, - Reduktion von Gefahren und Risiken, - Materialschonung, Reduktion von Umweltbelastungen und Verbrauch, - Ersparnis an Lehrpersonal und personaler Lehrkapazität" (S. 210).

Es ist sicherlich davon auszugehen, daß Simulationssysteme in vielen Fällen kostspielige Realsysteme für Unterrichtszwecke sinnvoll ergänzen oder in einzelnen Fällen sogar ersetzen können. Allerdings ist es erforderlich, sich im konkreten Fall ein möglichst klares Bild über das didaktische Potential des jeweiligen Realsystems bzw. Simulators zu verschaffen. Bei der Frage, ob ein Real- bzw. Simulationssystem oder eine Kombination von beiden in der Berufsschule zum Einsatz kommen sollte, muß auch der di-

daktische Stellenwert von Schule und Betrieb berücksichtigt werden: In der betrieblichen Ausbildung hat das Realsystem sicherlich eine viel größere Bedeutung als in der Berufsschule, da es in der betrieblichen Ausbildung prinzipell stärker um die Vermittlung operativer Fähigkeiten geht, die *nur* im konkreten Umgang mit Werkzeugen, Maschinen und Anlagen erlernt werden können. In der schulischen Ausbildung steht das Erlernen konzeptionellen Wissens stärker im Vordergrund, das nicht immer realer Systeme bedarf.

1.5. Transformationsproblematik

Simulation als reduzierte, nachgeahmte oder vorweggenommene Realität initiiert solche Lernprozesse, bei denen die Rahmenbedingungen der Aneigung von Fähigkeiten sich unterscheiden von denjenigen der späteren Anwendung in der Realsituation. Dies ist die klassische Problematik des Transfers gelernter Fähigkeiten bzw. gelernten Wissens auf spätere Anwendungssituationen (Lerntransfer). Für die Beurteilung der Nützlichkeit von Simulator-Lernen ist die Frage des Lerntransfers von großer Bedeutung. Die humanistische Pädagogik war von der universiellen Transferwirksamkeit der sog. formalbildenden Fächer, wie beispielsweise Latein, so überzeugt, daß sie sich gar nicht erst um seinen empirischen Nachweis bemühte, sondern ihn in den Formalbildungstheorien schlicht voraussetzte. Wie Dieterich problematisiert, enthält "die Formalbildungstheorie [...] nach den Maßstäben der Simulationstheorie einen Denkfehler: Sie bildet keinen relevanten Realitätsbereich ab. Für welchen Bereich von Intellektanwendung wären 'Die Bürgschaft' oder 'Die Kraniche des Ibikus' ein isomorphes Substitut?" (Dieterich 1994, S. 215).

Methodisch kontrollierte Studien zur Transferwirksamkeit im Zusammenhang mit Simulationen gibt es nur wenige. Mandl, Gruber et al (1993) untersuchten die Transformationsproblematik im Kontext des Simulator-Lernens in verschiedenen Studiengängen. Sie kommen zu dem Ergebnis, daß Studenten der Wirtschaftswissenschaften mit der Simulation weniger Erfolg haben als Pädagogikstudenten, weil sie das im Studium gewonnene Wissen nicht für praktische Entscheidungen aktualisieren konnten. Inwieweit hier ein Zusammenhang besteht, wie in unterschiedlichen Studiengängen Wissen vermittelt wird (abstrakt oder konkret, fach- oder proble-

morientiert) muß dahin gestellt bleiben (vgl. auch Schulmeister 1996, S. 363).

Kusch (1992) vermutet, daß ein "[...]Wissenstransfer, resultierend aus dem gewonnenen Handhabungswissen durch das Bedienen des Simulationrechners, [...] wahrscheinlich" ist (Kusch S. 89). Kummer äußert sich zur möglichen Langzeitwirkung der Arbeit mit Simulationen und kommt zu dem Ergebnis, daß Fachoberschüler, die zuvor im Rahmen ihrer Berufsausbildung (Lehre) schon mit Simulationen in ähnlichen inhaltlichen Kontexten konfrontiert wurden, erfolgreicher waren als andere Fachoberschüler, die zuvor noch nicht mit Simulatoren gelernt hatten. Allerdings fügt der Autor relativierend hinzu, daß nicht ausgeschlossen werden kann, "daß die 'erfolgreichen Gruppen' durch eine größere Vertrautheit mit der Simulation oder das Behalten bestimmter Zusammenhänge gegenüber den anderen Gruppen [...] Vorteile hatte. In diesem Punkt wären weitergehende Untersuchungen wünschenswert" (Kusch 1992, S. 195).

In einer Studie zur Bewertung von LKW-Simulatoren hat Dieterich (1994, S. 217) die Transferwirksamkeit von Simulatoren vor dem Hintergrund der sog. *Ähnlichkeitstheorie*[13] untersucht. In dieser Theorie wird davon ausgegangen, daß die didaktische Qualität von Simulatoren von zwei Ähnlichkeitsdimensionen abhängt. Erstens von der *situativen* Ähnlichkeit zwischen Lern- und späterer Anwendungssituation und zweitens von der *reaktiven* Ähnlichkeit zwischen Lern- und späterer Anwendungshandlung. Innerhalb dieser Dimensionen lassen sich spezifische Teilaspekte unterscheiden, hinsichtlich derer Äquivalenzen von Lern- und Anwendungskontexten detailliert beurteilt werden können. Dieterich benennt folgende Aspekte von Äquivalenzen, nach denen das Lernen mit Simulatoren qualitativ abgeschätzt werden kann (vgl. S. 217f):

- Situative Äquivalenz, bestehend aus Gestaltungs- und Funktionsäquivalenz,

---

[13] Anstelle der Theorie der formalen Diziplin schlug als erster Thorndike (1924) seine *Theorie der identischen Elemente* vor. Später wurde diese Theorie zu einer *Ähnlichkeitstheorie* weiterentwickelt (vgl. Anderson 1996, S. 292). Ingley und Anderson (1989, zit. bei Anderson 1996, S. 300) bieten eine moderne Version von Thorndikes Theorie der identischen Elemente.

- Handlungsäquivalenz, bestehend aus psychophysischer, perzeptiver und intraphysischer Äquivalenz sowie Lehr-/Lernhandlungsäquivalenz und Lernleistungsäquivalenz.

Dieterich geht davon aus, daß die Simulationsmethode unter lernpsychologischen Aspekten eine qualitativ hochwertige transfererzeugende Lernhilfe darstellt: "Simulatoren als 'Nach*ahmer*' oder 'Ähnlich*macher*' erweisen sich somit als Medien der Ermöglichung von Lerntransfer" (S. 216).

Dutke (1994, S. 152 u.173) diskutiert die Transferierbarkeit von Wissen unter dem Aspekt der Erweiterung eines mentalen Modells um neue Anwendungsbereiche. Der Autor betont, daß insbesondere das aktive Explorieren innerhalb von Anwendungsprogrammen die Bildung von mentalen Modellen fördere und den Lerntransfer durch das Benutzen von geeigneten Analogien erleichtere (S. 152). Die Analogiehaftigkeit elaborierter mentaler Modelle verbessert demnach die Transferleistung.

1.6. Gegenwärtige Simulationssysteme und ihre Begrenzungen

Das lernförderliche Potential rechnergestützter Simulatoren ist, zumindest für den Bereich der CNC- und SPS-Technik sowie der Robotik, kaum noch umstritten. Zunehmend setzt sich auch bei vorher eher skeptischen Berufspädagogen die Ansicht durch, daß die Simulation eine neue didaktische Qualität des experimentellen Umgangs mit komplexer Technik darstellt, die bislang im Unterricht nicht möglich war. So stellen beispielsweise Hoppe/Pahl (1987) die Möglichkeiten von CNC - Simulatoren, Ausbildungsmaschinen und Produktionsmaschinen gegenüber. Dabei sehen sie die besondere Rolle der Simulation in der Komplexitätsreduktion, der angstfreien, weil risikolosen Bedienung, in der Selbststeuerbarkeit des Lernprozesses, in dem Potential für die Verfügbarkeit und dem Transfer eines grundlegenden, erweiterbaren und anpassungsfähigen Wissens. Bruns (1990, S. 163) betont, daß die Simulation darüber hinaus interessante Perspektiven eröffnet, um im Rahmen beruflicher Lernprozesse technische Entwicklungen und die daraus resultierenden Konsequenzen sowie technische Gestaltungsalternativen transparent zu machen. So ist beispielsweise die Gegenüberstellung und Bewertung technischer Lösungsan-

sätze sowie die Umsetzung von Anwendungsszenarien durch Simulatoren relativ schnell und effektiv möglich.

Laur-Ernst (1985) kommt zu dem Ergebnis, daß mit CNC-Simulatoren "eine beachtliche Menge [...] neu zu erwerbenden Wissens und Könnens" vermittelt werden kann. Allerdings bestehen auch Grenzen der Simulation im Vergleich zu Realsystemen: "Denkt man an das Einrichten, die Wartung und Instandhaltung der Maschinen, an das konkrete Herstellen von Werkstücken und ihre Qualitätskontrolle, weiterhin die Fähigkeit, potentielle Fertigungsstörungen rechtzeitig zu erkennen, um antizipatorisch einzugreifen oder an die Identifizierung mög1icher Störungsursachen usw., dann wird klar, daß für diese Qualifikationsanteile eine vollständige CNC-Maschine unverzichtbar ist. Niemand kommt ohne sie aus, der die Gesamtqualifikation für das Arbeiten mit dieser Technik vermitteln will [...]" (Laur-Ernst 1985, S. 110).

Zu einer ähnlichen Einschätzung kommt Kusch in einer vergleichenden Bewertung von CNC-Ausbildungskonzepten: "Falls es zu technologisch bedingten Problemen während der Fertigungsphase an einer Werkzeugmaschine kommt (z. B. falsches Werkzeug gewählt, zu hohe Schnittgeschwindigkeit usw.), wirkt sich der mangelnde Vertrautheitsgrad der Simulationsanwender negativ auf die Fertigungszeit aus" (Kusch 1992, S. 89). Insofern kann, wie der Autor hervorhebt, auf eine Ausbildung am realen System, d.h. an der CNC-Maschine, nicht verzichtet werden.

Diese Ergebnisse überraschen nicht, sie illustrieren vielmehr, daß spezifische Formen von Prozeßwissen und operativen Fähigkeiten *nur* im konkreten Umgang mit Werkzeugen, Maschinen und Anlagen erlernt werden können. Dabei sind sinnliche Wahrnehmungen und konkrete Erfahrungen von grundlegender Bedeutung für die Entwicklung beruflicher Kompetenzen. Entscheidend ist aus dieser Sicht, daß komplexe sinnliche Wahrnehmungen vor allen Dingen unter dem Aspekt des praktischen *Erfahrungmachens* zu sehen sind. Darunter fallen im Wesentlichen spezifische *Methoden* der Auseinandersetzung mit konkret erfahrbaren Artefakten, Situationen und Prozessen, und zwar sowohl, was deren Erkenntnis als auch den praktischen Umgang mit ihnen betrifft (Böhle / Rose 1992, vgl. auch Fischer 1996).

Wir gehen deshalb davon aus, daß in einem theoriegeleiteten Fachunterricht der direkte sinnliche Umgang mit konkreten Objekten, die sich auf die berufliche Realität des Lernenden beziehen, nicht durch den virtuellen Umgang mit symbolischen, in Rechnern implementierten Simulationsmodellen ersetzt werden sollte. Insofern gilt es, die Aussage Snyders zu beherzigen: "A simulation may approach reality. But it is not reality and never can be. It should never be used if the real thing is available and viable as a learning experience under the conditions one is working" (Snyder 1986, S.122). Allerdings gilt es auch, der Frage nachzugehen, in welchen Fällen und in welchen Zusammenhängen der Einsatz von Simulatoren den Lernenden und Lehrenden bei der Bewältigung komplexer Aufgaben unterstützen kann. Im Zentrum steht also die didaktische Dimension der *Komplementarität* realer stofflicher Lernmedien und symbolischer, auf virtuellen Rechnermodellen basierender Simulationsmedien. Es kann als gesicherte pädagogische Erkenntnis angesehen werden, daß theoretisches Lernen (Umgang mit Symbolen) und praktisches Lernen (Umgang mit dem Stofflich-Konkretem) als eng aufeinander angewiesen betrachtet werden müssen und künstliche Trennungen Lernbarrieren darstellen. Mentale und konzeptuelle Modelle müssen gegenständlichen Repräsentationen in der Welt entsprechen, die soweit als möglich sinnlich erfahrbar sein sollten.

Bezogen auf die Zielsetzung des Modellversuchs HYSIM werden damit insbesondere die *Integrationsmöglichkeiten* von lernunterstützenden Simulatoren in handlungsorientierte Lernprozesse angesprochen. Allerdings weisen vorhandene Lernsimulatoren in dieser Hinsicht prinzipielle Defizite auf:

So stellt Schulmeister (1996) fest, daß viele – gerade auch für Lernprozesse interessante – Simulationen aus Forschungszusammenhängen entstanden sind. Was diesen Systemen allerdings fehlt, ist eine Umgebung, in der sich die Simulationen in Übungen *eingliedern* lassen und die einen Zugriff auf Erklärungstexte bietet: "Mit einer vernünftigen Benutzeroberfläche versehen, sind Simulationen ein ideales Medium, um Inhalte zu lehren, die sich dynamisch verändern" (S. 353). Bruns (1990) bemängelt, daß existierende Simulatoren, speziell für den Bereich der CNC-Fertigung und Robotik, dadurch gekennzeichnet sind, daß sie überwiegend mit der Zielsetzung der Programmierung und grafischen Visualisierung der geometrisch-kinetischen Abläufe entwickelt wurden und sich im wesentlichen auf diese

Aspekte beschränken (S. 157). Meist handelt es sich um Systeme, die einen bestimmten Prozeß (beispielsweise Robotik) auf einer bestimmten Abstraktionsebene (z.B. Programmierung und Kinematik) abbilden. Eine Verbindung mit und Durchgängigkeit zu anderen Prozessen (Drehen, Fräsen usw.) oder die Wahl verschiedener Abstraktionsebenen und Perspektiven, wie der experimentelle Umgang mit Grundgesetzen der Mechanik oder des Zerspanungsprozesses, ist mit ihnen nicht möglich. Die Möglichkeiten mehrperspektivischer Simulationen bestimmter Gegenstandsbereiche auf verschiedenen Abstraktionsebenen ist bei den verfügbaren Systemen praktisch nicht vorhanden. Die Einbeziehung weitergehender Simulationskonzepte, wie z.B. die Prozeßkopplung zwischen Simulationsmodellen und Realsystemen, die interessante didaktische Perspektiven versprechen, wurde auch nur in Einzelfällen realisiert (vgl. Bruns 1983, Böck / Müller 1990).

Ein entsprechend konzipiertes Simulationssystem auf der Basis moderner *hypermedialer* Softwarekonzepte könnte aber die meisten dieser genannten Aspekte wirkungsvoll vermitteln. "Ideal wäre ein Simulator, der eine abstufbare Informationsmenge mit wechselnden Akzentuierungen jeweils lernwichtiger Inhalte für unterschiedliche Lernstadien anbieten könnte" (Laur-Ernst 1986, S.116). Und: "Zum Beispiel ließen sich Transparenz der Maschine, Funktionsweise von Bauteilen, Demonstrationen und Experimente mit Bauteilen selbstbestimmter, leichter und vielseitiger durch Simulation und Animation zeigen und durchführen als dies durch Demontage/Montage einer Modellmaschine praktisch möglich ist. Auch der komplexe Zerspanungsvorgang mit seinen Zusammenhängen zwischen Materialeigenschaft des Werkstückes, Werkzeugbeschaffenheit, Spantiefe, Schnittgeschwindigkeit und Kühlmitteleinsatz, ließe sich besser in einer grafisch-akustischen Simulation darstellen als verdeckt durch Schutzscheibe und Kühlmittel" (Bruns 1990, S. 162).

1.7. Literatur

Anderson, J.R. (1996): Kognitive Psychologie. Heidelberg.

Böck, W. / Müller, D. (1990): Roboterprogrammierung im Unterricht - kann sie zum Begreifen und Bewerten von komplexen Fertigungssy-

stemen beitragen? In: 3. Sachbericht zum Modellversuch "Roboter als CIM-Komponenten in der beruflichen Bildung ". Bremen. S. 107-146.

Böhle, F. / Rose, H.(1992): Technik und Erfahrung. Arbeit in hochautomatisierten Systemen. ISF München. Frankfurt/M., New York

Bossel, H. (1985): Umweltdynamik. München

Bruner, J. (1973): Der Akt der Entdeckung. In: Neber, H. (Hrsg.): Entdekkendes Lernen. Weinheim (Original erschienen 1961: The act of discovery).

Bruns, F. W (1996): Methoden der kooperativen Bewältigung von Design-Komplexität. In: Zwischenbilanz.. Forschungszentrum artec Universität Bremen. Unveröffentlichtes Arbeitspapier

Bruns, F. W. (1983): CNC-Steuerung einer Mini-Fräsmaschine. C+S, Berlin

Bruns, F. W. (1990): Die Simulation als Qualifikationsmittel; In: 3. Sachbericht - Modellversuch "Roboter als CIM-Komponenten in der beruflichen Bildung", Bremen 1990, S.157 ff.

Bruns, F.W. /Busekros, L. /Heimbucher, A. (1992): Simulation Containerbrücke und Transtainerlager für Bremer Lagerhaus-Gesellschaft. Dokumentation. Universität Bremen, Forschungszentrum artec, Februar 1992

Bundesinstitut für Berufsbildung - BIBB (1993): Multimediales Lernen in neuen Qualifizierungsstrategien. Entwicklungstendenzen und Lösungswege. Nürnberg

Chapanis, A./ van Cott, H.P. (1972): Human engineering tests und evaluations. In: Van Cott, H.P. /Kinsade, R.G. (Eds.): Human Engineering Guide to Equipment Design (Revised Ed.). Washinton, D.C. Us Goverment Printing Office, pp. 701-728. Zit. bei: Johannsen, G. (1993): Mensch-Maschine-Systeme. Berlin, Heidelberg u.a.

Daldrup, U. (1987): Computersimulation im Unterricht: Neues lernen - neues Lernen? Herausgegeben von Gorny, P., Fachbereich 10 - Informatik Universität Oldenburg. Zentrum für pädagogische Berufspraxis.

Daldrup, U./ Gorny, P.(1989): Modellbildungssysteme im Unterricht. In: Log in (1989) Heft 4, S. 7ff.

Dieterich, R. (1994): Simulation als Lernmethode. In: Petersen, J. / Reinert, G.-B. (Hrsg.) (1994): Lehren und lernen im Umfeld neuer Technologien. Frankfurt am Main u.a.

Duffield, J.A (1991): Designing computer software for problem-solving instruction In: Educational Technology, Research and Development 1-39 pp50-62

Dutke, S. (1994): Mentale Modelle: Konstrukte des Wissens und Verstehens. Göttingen 1994

Edelmann, W. (1993): Lernpsychologie. Weinheim

Eicker, F. (1983): Experimentierendes Lernen. Ein Beitrag zur Theorie beruflicher Bildung und des Elektrotechnikunterrichts. Bad Salzdetfurth

Erbe, H. (1992): Simulation versus Lernen im Arbeitsprozeß im gewerblich-technischen Bereich. Referat am 13. DGfE-Kongr. III. Symposium Berufs- und Wirtschaftspädagogik 17.3.1992, FU Berlin.

Fischer, M. (1996): Überlegungen zu einem arbeitspädagogischen und -psychologischen Erfahrungsbegriff. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Heft 3

Forbus (1984): Qualitative Process Theory. In: AI Journal. Vol 24. 1984. pp. 85-168

Hartog, R.(1989): Qualitative Simulation and Knowledge Representation for Intelligent Tutoring. In: Maurer, H. (ed) (1989): Computer Assisted Learning. Proceedings 2. Int. Conf. ICCAL (Lecture Notes in Computer Science 360) Berlin/Heidelberg. pp193-213

Hass, J. (1979): Experimentalunterricht in der Berufsschule, Diss. Hamburg

Heidegger, G. / Gerds, P. / Weisenbach, K. (Hrsg) (1988): Gestaltung von Arbeit und Technik - ein Ziel beruflicher Bildung, Frankfurt.

Hoppe, M. / Pahl, J.-P. (1987): Simulator, Ausbildungs- und Produktionsma-schine als Medien beruflichen Lernens für rechnergestützte Facharbeit. In: Facharbeit und CNC-Technik. Werner-von-Siemens-Schule, Wetzlar 1987.

Huizinga, J. (1956): Homo Ludens (Vom Ursprung der Kultur im Spiel). Hamburg. Zit in Zitzlsperger (1995), S. 211

Kuipers, B. (1984) : Commonsense Reasoning about Causality: Deriving Behavior from Structure. In: AI JoumaI, Vol. 24, 1984, pp. 169-203

Kummer, R. R. (1991): Computersimulation in der Berufsschule: Entwicklung und Evaluation eines Konzepts zur Förderung kognitiver Komplexiät im Politik- und Wirtschaftslehre-Unterricht. Frankfurt am Main; Bern; New York; Paris. Zugl. Diss. Univ. Paderborn 1990

Kusch, W. (1992): Eine vergleichende Bewertung von zwei CNC-Ausbildungskonzepten. Computersimulations- und werkzeugmaschinenorientierte Ausbildung. Diss. phil. TU München

Laur-Ernst, U. / Buchholz, Ch. (1984): CNC-Ausbildung an der Produktionsmaschine oder am Simulator? Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis, 4/84.

Laur-Ernst, U. 1986): Mit CNC-Simulatoren lernen - Möglichkeiten und Grenzen. In: Hoppe, Manfred/ Erbe Heinz-H. (Hrsg.): Rechnergestützte Facharbeit. Reihe Berufliche Bildung Band 7, Wetzlar: Jungarbeiteri-nitiative an d. Werner-von-Siemens-Schule.

Laurillard, D. (1987): Computers and the Emancipation of Students: Giving Control to the Learner. In: Instructional Science 16 (1987) pp 3-18

Lauterbach (1985): Simulationsspiele zur Förderung des Problemlöseverhaltens im naturwissenschaftlichem Unterricht Entwurf vom 22.10.1985. Am Institut für Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel. Zit in Daldrup (1987)

Leutner, D. (1988): Computersimulierte dynamische Systeme: Wissenserwerb unter verschiedenen Lehrmethoden und Sozialformen des Unterrichts. In: Zeitschrift für Entwicklungspsychologie u. Pädagogische Psychologie 1988, Band XX, Heft 4, 338-355

Lipsmeier, A. (1993): Individualisierung von Lernprozessen im Kontext multimedialen Lernens in der beruflichen Aus- und Weiterbildung. In: Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB)(1993): Multimediales Lernen in neuen Qualifizierungsstrategien. Entwicklungstendenzen und Lösungswege. Nürnberg. S. 79-187

Möhlenbrock, R. (1979): Modellbildung und didaktische Transformation. Grundzüge und exemplarische Anwendung eines modelltheoretisch orientierten Transformationskonzeptes. Diss. phil. Universität Hamburg

Möller, K. (1987): Lernen durch Tun. Handlungsorientiertes Lernen im Sachunterricht der Grundschule. Frankfurt am Main u.a.

Müller, D. (1990): "Karel der Roboter" - Eine interaktive Programmier- und Simulationsumgebung. Bremen.

Müller, D. (1991a): Programmier- und Simulationssystem "EasyRob". In: Abschlußbericht zum Modellversuch "Roboter als CIM-Komponenten in der beruflichen Bildung". Bremen. S. 97-109.

Müller, D. (1991b): Einführung in die Roboterprogrammierung und - simulation In: Abschlußbericht zum Modellversuch "Roboter als CIM-Komponenten in der beruflichen Bildung ". Bremen. S. 156-165.

Müller, R. (1980): Zur Geschichte des Modellbegriffs und des Modelldenkens im Bezugsfeld der Pädagogik. In: Stachowiak, H. (Hrsg.) (1980). S. 202-224

Papert, S. (1994): Revolution des Lernens : Kinder, Computer, Schule in einer digitalen Welt. (Originaltitel: The Childrens's Machine). Hannover

Puppe, F. (1990): Problem1ösungsmethoden in Expertensystemen. Berlin, Heidelberg.

Rauner, F (1986): Elektrotechnik Grundbildung. Überlegungen zur Techniklehre im Schwerpunkt Elektrotechnik der Kollegschule. Soest.

Rauner, F. (1992): Experimentierendes Lernen - eine Grundform gewerblich-technischer Berufsbildung. In: Innovationen in der Berufsbildung - Hermann Schmidt zum 60. Geburtstag. Berlin

Reigeluth, C, / Schwartz , E.(1989) An Instructional Theory for the Design of Computer-Based Simulations. In: Journal of Computer-Based Instruction 1 16(1989) pp1-l0

Roy, B. (1995): Simulation als handlungsorientiertes Medium in der Beruflichen Bildung. Entwicklung eines Lehr- und Lernkonzeptes mit Simulatoren zur Handhabungstechnik. Diss. phil. Universität Bremen

Schulmeister, R. (1989): Computerwissen für den Hochschulunterricht. In: Schulmeister, R. (Hrsg.) (1989). S. 3-140

Schulmeister, R. (1996): Grundlagen hypermedialer Systeme. Theorie-Didaktik-Design. Bonn, Paris

Schulmeister, R. (Hrsg.) (1989): Computereinsatz im Hochschulunterricht. Beiträge zu einer Hochschuldidaktik des Computereinsatzes in der Lehre. Ammersbek b. Hamburg

Schulz, H.-D. (1992): Handlungslernen in der beruflichen Bildung. Darstellung eines Lernkonzepts und Überprüfung an ausgewählten Bei-

spielen betrieblicher Berufsbildung. Diss. phil. Universität Bremen. Bremen

Snyder, T. / Palmer, J.(1986): In Search of the Most Amaizing Thing - Children, Education, and Computers. Reading MA. Zit in Daldrup (1987)

Söltenfuß, G. (1983): Grundlagen handlungsorientierten Lernens. Dargestellt an einer didaktischen Konzeption des Lernens im Simulationsbüro. Bad Heilbrunn/Obb.

Stachowiak, H. (1973): Allgemeine Modelltheorie Wien / New York 1973

Stachowiak, H. (1982): Modelle und Kunst. In: Zeitschrift für Kunstpädagogik, (1982) 5, S. 51-53

Stachowiak, H. (Hrsg) (1983): Modelle - Konstruktion der Wirklichkeit, München 1983

Stachowiak, H. (Hrsg.) (1980): Modell und Modelldenken im Unterricht: Anwendungen der Allgemeinen Modelltheorie auf die Unterrichtspraxis. Bad Heilbrunn/Obb.

Thorndike, E.L. (1924): Mental Discipline in High School Studies. In: J. educ. Psychol. 15 (1924), S.1-22 und S.83-98. Zit. in Dieterich (1994)

Vester, F. (1984): Neuland des Denkens. Vom technokratischen zum kybernetischen Zeitalter. Stuttgart

Vonessen, F. (1976): Der Mensch und das Spiel in der verplanten Welt (hrsg. von der Bayrischen Akademie der Schönen Künste). DTV 1976, S. 24. Zit in Zitzlsperger (1995), S. 211

Weinert, F. E. (1982): Selbstgesteuertes Lernen als Voraussetzung, Methode und Ziel des Unterrichts. Unterrichtswissenschaft, 2, S. 99- 110.

Zimmer, G. (Hrsg.) (1990): Interaktive Medien für die Aus- und Weiterbildung. Marktübersicht, Analysen, Anwendung. Berlin.

Zitzlsperger, H. (1995): Ganzheitliches Lernen: Welterschließung über alle Sinne. Weinheim, Basel.

Dieter Müller

1. Lernen mit Hypermedia

1.1. Einführung

Der Begriff Hypermedia beinhaltet sowohl ein neues Konzept als auch eine neue Technologie im Hinblick auf den Umgang mit Rechnern. Ähnlich wie andere Entwicklungen in der Informationstechnik eröffnet Hypermedia erweiterte Einsatzbereiche, insbesondere auch für berufliche Bildungsprozesse. Es existieren zwar zahlreiche Studien über Hypermedien, kaum aber wissenschaftliche Erkenntnisse über deren Einsatz in der gewerblich-technischen Berufsausbildung. Die didaktischen Potentiale von Hypermedien unter Berücksichtigung ihrer Gestaltung und Nutzung durch Lehrkräfte und Schüler sind, soweit es die gewerblich-technische Berufsbildung betrifft, weitgehend unerforscht.

In jüngster Zeit erschienen einige interessante Veröffentlichungen zum multimedialen Lernen in der Berufsbildung, in denen auch z.T. Aspekte hypermediabasierter Lernumgebungen angerissen wurden (vgl. z.B. Geffert 1996, Lipsmeier 1996, Reuther 1996). Allerdings wurden die spezifischen didaktischen Dimensionen von Hypermedia im Vergleich zu Multimedia nicht oder nur unscharf thematisiert[1]. Im Rahmen eines wissenschaftlichen Diskurses halten wir eine Differenzierung zwischen Hypermedia und Multimedia für unbedingt notwendig, insbesondere wenn die didaktische Dimensionen dieser Konzepte untersucht werden sollen.

Bevor die konzeptionellen Grundlagen von Hypermedia dargestellt werden, soll kurz auf die historische Dimension von Hypertext bzw. Hypermedia eingegangen werden. Die ersten Hinweise auf das Hypermedia-Konzept wurden Mitte der vierziger Jahre gegeben. Schon damals beschrieb Vannevar Bush in einem Artikel unter dem Titel *As We May Think*, wie zukünftige Techniken es ermöglichen könnten, eine Bücherei von ei-

[1] Vgl. hierzu z.B. die Reihe "Multimediales Lernen in der Berufsbildung" des Bundesinstituts für Berufsbildung, Berlin (BIBB), Hrsg. Holz, H. u.a.

ner Millionen Bänden in einem *desk* zu komprimieren. Er stellte sich ein System vor, in das der Benutzer Informationen assoziativ eingeben und herausholen kann (Bush 1945). In den sechziger Jahren konnten Engelbart (1963) und Nelson (1965) diese Ideen auf einem Rechner erstmalig realisieren. Den wirklichen Durchbruch schaffte das Konzept allerdings erst, als kostengünstige Systeme wie z.B. Hypercard oder später dann ToolBook für Personal Computer verfügbar wurden. Man darf wohl mit Recht behaupten, daß nur wenig andere Programmierumgebungen einen derart bedeutsamen Einfluß auf den Einsatz von Arbeitsplatzrechner gehabt haben wie HyperCard. In der Literatur speziell zu Hypertext wird die historische Bedeutung von HyperCard immer wieder betont, obwohl Landow (1992b) sicher Recht hat, wenn er HyperCard nur als "first approximations of hypertext" bezeichnet: "One system, although not directly a hyper'text', has pushed the original idea to a broad audience: HyperCard from Apple" (Irler/Barbieri 1990, S. 261).

Pädagogen und Mediendidaktiker konstatieren, man könne Hypermedien nur schwer beschreiben, man müsse sie einfach erleben (vgl. z.B. Freibichler 1990, S. 100). Dies ist zwar nicht falsch, allerdings ist eine theoretisch-konzeptionelle Klärung der Thematik notwendig. Insbesondere sollten die unterschiedlichen Bedeutungen von *Hypertext* und *Hypermedia* erläutert und eine Abgrenzung zu *Multimedia* vorgenommen werden. Diese Darstellung kann allerdings kurz ausfallen, da genügend Publikationen vorhanden sind, um sich darin zu vertiefen (vgl. z.B. Gloor 1990, Gloor/ Streitz 1990, Glowalla / Schoop 1992, Kuhlen 1991, Mühlhäuser 1991, Schulmeister 1996, Schupp 1992).

1.2. Hypertext und Hypermedia

Oft wird der Terminus "Hypertext" im gleichen Kontext wie "Hypermedia" gebraucht. Beide basieren auf dem gleichen Konzept, wobei Hypertext im eigentlichen Sinne die elektronische Speicherung, Verarbeitung und Darstellung von *Textdokumenten* beinhaltet. Im Gegensatz zu konventionellem Text, der nur linear durchlaufen werden kann, erlaubt das Hypertext-Konzept darüber hinaus eine komplexere nichtsequentielle Organisation des darzustellenden Inhalts: Hier kann der Benutzer auf jede Information

zu jeder Zeit zugreifen und ist damit nicht auf die vorgegebene Struktur des Autors festgelegt.

Hypermedia ist eine Ausdehnung der Hypertext-Konzeption von reinem Text auf verschiedenartige Medien, dementsprechend können Hypermedia-Dokumente außer Text noch andere unterschiedliche Medien beinhalten, wie z.B. Grafik, Ton und Film. Mühlhäuser weist darauf hin, daß in Hypermedien neben zeitunabhängigen Informationen (Text, 2D/3DGrafik) insbesondere zeitbasierte Medien (Video, Audio, Animation) integriert und koordiniert werden, wobei Hypermedia Hypertext einschließt (vgl. Mühlhäuser 1991, S. 282)[2].

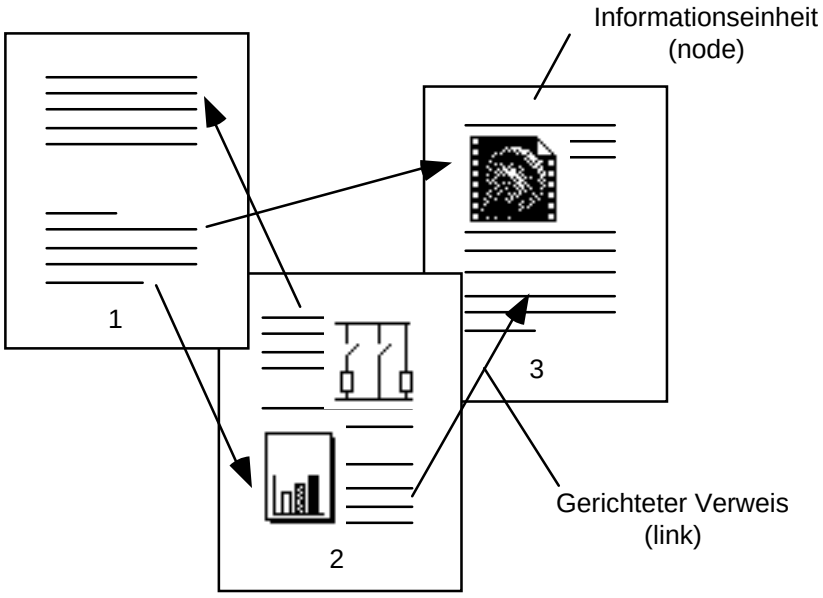


Abb. 1-1: Hypermedia

Herkömmliche Applikationen, wie z.B. Texteditoren, Datenbanken und Tabellenkalkulationen können als Hilfsmittel zur Anhäufung und schnellen Bearbeitung großer Mengen *linear* organisierter Informationen charakterisiert werden. Bei Hypermedien dagegen sind Informationen also nicht mehr linear organisiert, sondern als Knoten (engl. nodes) über ein mehrdimensionales Netzwerk von strukturierten Verbindungen (engl. links) verteilt (vgl. Abb. 1-1).

---

[2] Im folgenden werden die Begriffe Hypermedia, Hypermedien oder Hypermedia-Systeme synonym gebraucht, Hypertext eingeschlossen.

Typisch für Hypertexte bzw. Hypermedien ist die Aufhebung der strengen Trennung zwischen Autor und Benutzer, da der Benutzer die Dokumente in vielen Fällen modifizieren oder ergänzen kann. Dementsprechend bezeichnet ein *Hypertext-* bzw. *Hypermedia-System* im Allgemeinen die Einheit von Dokumenten und Werkzeugen. Der Terminus *Hypertext-* bzw. *Hypermedia-Werkzeug* umfaßt die Software zur Verarbeitung (Erstellen, Lesen, Speichern) von Dokumenten. Gebräuchlich sind für diese Software-Werkzeuge auch Bezeichnungen wie *Hypermedia-Autorensysteme* oder *-Entwicklungssysteme.*

Worin besteht nun der Unterschied von Hypermedia zu Multimedia? Da der Begriff Multimedia oft im gleichen Zusammenhang wie Hypermedia gebraucht wird, geben wir eine Definition, die deutlich macht, daß zwischen beiden prinzipielle Unterschiede bestehen. Beide Bedeutungen beinhalten den Begriff des Mediums, wobei bei Multimedia die medialen Aspekte und bei Hypermedia darüber hinaus die strukturellen Aspekte – bezogen auf die komplexe nichtsequentielle Organisation multimedialer Information – gemeint sind. Nielsen (1990) gibt folgende Unterscheidung:

"The fact that a system is multimedia-based does not make it hypertext [...] OnIy when users interactively take control of a set of dynamic links among units of information does a system get to be hypertext. It has been said that the difference between multimedia and hypermedia is similar to that between watching a travel film and being a tourist yourself" (S. 10).

So gesehen stellen Hypermedien das mehrere Medien *verbindende* Informationskonzept dar, wohingegen Multimedien die Kombination unterschiedlicher Darstellungsmedien umfassen. Fassen wir zusammen, so gelangen wir zu folgender Definition: Nicht alles, was unterschiedliche Medien verwendet und damit multimedial ist, ist auch gleich hypermedial. Unter methodisch-didaktischen Gesichtpunkten stellt Hypermedia im Vergleich zu Multimedia ein weiterreichendes Konzept dar. Insbesondere werden durch Hypertext und Hypermedia die Möglichkeiten und Problematiken der entlinearisierten Darstellung von Informationen angesprochen,

während Multimedia eher die technische Bandbreite der zum Einsatz kommenden Medien assoziiert[3].

1.3. Knoten und Verknüpfungen

Informationen in Hypermedia-Systemen werden in der sog. Hypermediabasis in Form von Knoten und Verknüpfungen abgelegt. *Knoten* (engl. nodes) sind die elementaren Informationseinheiten, sie enthalten Objekte wie Text, Graphik, Ton, Abbildungen, Animationen, Simulation, Video usw. Die in diesen Knoten enthaltenen Informationen können selbst wieder eine Zusammenfassung von Knoten, sog. Chunks, bilden. *Verknüpfungen* (engl. (hyper-)links) stellen Beziehungen bzw. Verweise zwischen den einzelnen Knoten her. Diese Verweise können unterschiedlicher Natur sein, d.h. unterschiedliche Bedeutungen haben (etwa *siehe im einzelnen*, *siehe auch*, *ist Teil von*, *läßt sich untergliedern in*, *folgt auf* u.ä.). Entsprechend der Art der Beziehung zwischen den verknüpften Informationen kann zwischen semantischen und pragmatischen Verknüpfungen unterschieden werden (vgl. Kuhlen 1991). *Semantische Verknüpfungen* sollen das Verständnis von Hypermedia-Inhalten erleichern, indem diese eine semantische Kohärenz zwischen verschiedenen Informationsknoten herstellen. *Pragmatische Verknüpfungen* bilden Verbindungen zwischen Knoten, die in einem spezifischen funktionalen oder kontextuellen Zusammenhang stehen.

Auf der Suche nach relationalen Typisierungen von Verknüpfungen schlagen verschiedene Autoren erweiterte oder differenziertere Systematiken vor: So unterscheiden Parssaye, Chignell et al (1989) *navigationale* und *semantische* Relationen. Navigationsrelationen sind u.a. *move to links*, *zoom links*, *pan link view links* und *index links*; semantische Relationen sind Antonym-[4], Instrumental-, Kausal- und Finalrelationen (vgl. auch

---

[3] Zum uneinheitlichen und widersprüchlichen Gebrauch des Begriffes "Multimedia" vgl. Schulmeister 1996, S. 18f, siehe auch Euler/Twardy 1995. Der Mediendidaktiker Weidenmann (1995) vertritt die Auffassung, daß der Begriff "Multimedia" für einen wissenschaftlichen Diskurs ungeeignet ist. Er schlägt vor, differenzierte Kategorien, wie Codierung, Modalität usw. zu verwenden (S. 65).

[4] Im Sinne von: "eine entgegengesetzte Bedeutung habend"

Schulmeister 1996, S. 234). Trigg (1983) hatte bereits 1983 eine ausgefeilte Taxonomie von 75 typisierten links vorgeschlagen (z.B. Abtraktion, Beispiel, Formalisierung, Anwendung, Vereinfachung, Widerlegung, Unterstützung, Daten). Diese hier zitierten Taxonomien sind nur eine kleine Auswahl der in der Hypertext-Literatur vorfindbaren Systematiken (vgl. Schulmeister 1996, S.233ff). Sie sind sicherlich hilfreich für die Gestaltung und Evaluation von Hypermedia; allerdings ist mitzubedenken, daß die relationalen Eigenschaften von links immer auch abhängig sind von der Interpretation des Benutzers eines Hypermedia-Systems.

Verknüpfungen können entweder in der Information eines Knotens verborgen sein oder sie werden in der Darstellung besonders hervorgehoben (z.B. durch Wortunterlegung). Bei Aktivierung einer Verknüpfung (z.B. durch einen Mausklick) wird der mit dem aktuellen Knoten verknüpfte lnformationsknoten aufgerufen und dessen Inhalt auf dem Bildschirm dargestellt. Die in einer Hypermedia-Anwendung fest implementierten Verknüpfungen werden auch als Pfade bezeichnet.

1.4. Hyperstrukturen

Die zwischen den Informationsknoten einer Hypermedia-Anwendung bestehenden Verknüpfungen bestimmen im wesentlichen wie die verschiedenen Informationseinheiten logisch strukturiert sind. Dementsprechend kann die Struktur von Hypermedia-Dokumenten unterschiedlich ausgeprägt sein. Gloor (1990, S.14) unterscheidet hierarchische, sequentielle, unstrukturierte und netzwerkartig verknüpfte Hypermedia-Dokumente.

Ein *unstrukturiertes* Hypermedia-Dokument besteht aus einer losen Ansammlung von Knoten. Hypertext-links zwischen diesen Knoten bilden Querbeziehungen. Die Information, die in einem Knoten enthalten ist, ist in sich abgeschlossen. Unstrukturierte Hypermedien bestehen ausschließlich aus referenzielle Verknüpfungen[5], ohne daß ein darin enthaltendes, z.B. semantisches, Organisationsprinzip deutlich wird.

---

[5] Referenzielle Verknüpfungen sind Verknüpfungen, die ausschließlich auf formalen syntaktischen bzw. assoziativen Prinzipien gründen, ohne daß die zwischen den Infor-

Bei einem *sequentiellen* Dokument ist die Verknüpfung zwischen den einzelnen Informationknoten linear, dementsprechend kann die im Dokument enthaltene Information nur sequentiell vom Anfang bis zum Ende durchgelesen werden. Lineare Hypermedia-Strukturen eignen sich zur Festlegung einer Abfolge von Informationsknoten im Sinne sogenannter geführter Unterweisungen (engl. guided tours). Sie sind geeignet, Benutzer in neue Sachverhalte einzuführen oder ihnen vorab strukturierte Informationen zu vermitteln.

Bei Hypermedia-Dokumenten der ersten beiden Kategorien wird die Hypermedia-Funktion für die Strukturierung des Dokumentes nur am Rande benötigt. In erster Linie werden hier die multimedialen Möglichkeiten von Hypermedia genutzt, um Dokumente entsprechend präsentieren zu können. Deutlicher werden die Möglichkeiten des Hypertext-Konzeptes bei Dokumenten, die *hierarchisch* oder sogar *netzwerkartig* miteinander verknüpft werden. Eine hierarchische Struktur eignet sich beispielsweise zur Repräsentation unterschiedlicher Ebenen der Abstraktheit, Feinkörnigkeit (Granularität) und Bedeutsamkeit der Inhalte eines Gegenstandsbereichs.

Netzwerkartig verknüpfte Dokumente beinhalten die komplizierteste Struktur. Hier können Informationen mit komplexen Querbeziehungen zwischen einzelnen Informationsblöcken erfaßt werden. Diese Dokumente entsprechen der Struktur von ungerichteten zyklischen Graphen. Das Gesamtgebilde aus Knoten, Verknüpfungen und Pfaden wird auch als "Web" (engl. für Netz) bezeichnet. Aus dieser komplexen Struktur heraus können allerdings beträchtliche Orientierungsschwierigkeiten sowohl des Autors als auch des Lesers eines solchen Dokumentes entstehen.

---

mationsknoten bestehenden semantischen Beziehungen eine Rolle spielen und explizit spezifiziert werden (vgl. Kuhlen 1991).

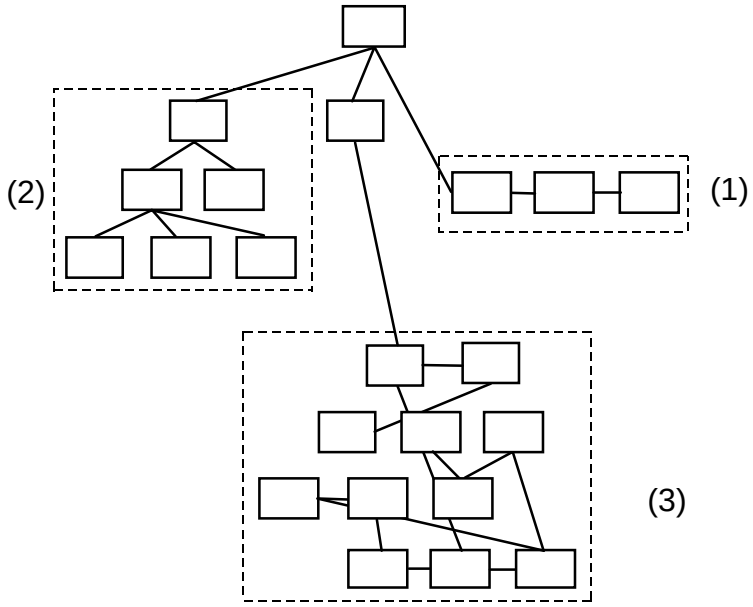


Abb. 1-2: Hypertext-/Hypermediastrukturen
Sequentiell (1), hierarchisch (2) u. vernetzt (3)

Obwohl Hypertext-Systeme ursprünglich als isolierte Systeme verwendet wurden, ist es heute vielfach möglich, zuvor mit anderen Programmen erstellte Text- und Grafikdaten zu importieren. Eine weitere Perspektive betrifft die Integration von vollwertigen Spezialappliaktionen unter einer einheitlichen Oberfläche bzw. Vernetzung (von Dokumenten) beliebiger Applikationen mit einem einheitlichen, allumfassenden Hyper-Mechanismus und einheitlichen Benutzungsoberfläche (Meyrowitz 1989).

1.5. Navigation im Hyperraum

Es wurde bereits angedeutet, daß der Anwender innerhalb einer Hypermedia-Anwendung assoziativ nach Daten forschen kann. Die Form des Informationszugriffs sowie das "Sich-Zurechtfinden" in einem Hypermedia-System hängt wesentlich von der Struktur sowie der spezifischen Einbettung einzelner Knoten in lokale Strukturen des Systems ab. Die Problematik des Informationszugriffes und des "Sich-Zurechtfindens" in Hypermedia-Systemen wird in der einschlägigen Literatur ausgiebig unter dem zutreffenden Begriff der "Navigation" diskutiert. Es existieren zahlreiche Vorschläge zur Klassifikation von Navigationsmethoden in Hypertexten (vgl. Kuhlen 1991, Schulmeister 1996, S. 54ff u.239ff). In Anlehnung an

Tergan (1996), der sich an gängigen Klassifikationen orientiert, lassen sich idealtypisch folgende Formen der Navigation unterscheiden:

- Browsing
- Verfolgen vorab definierter Pfade
- Searching.

Browsing ist die typischste Form des Informationszugriffs bzw. der Navigation in Hypermedia-Systemen. Mit Browsing wird im allgemeinen das assoziative "Durchstöbern" einer Hypermedia-Datenbasis bezeichnet. Gloor (1990, S. 152) charakterisiert das *Browsing* als eine von Zufälligkeiten abhängende Informationsfindungs-Strategie, die besonders gut geeignet ist für unscharf definierte und unstrukturierte Probleme in einem Bereich, der dem Leser neu ist. Kuhlen (1991) unterscheidet hier zwischen ungerichtetem und gerichtetem Browsing. Bei *ungerichtetem* Browsing existiert keine Planung oder Strategie, wie bestimmte Information gesucht werden sollen. Lassen sich Benutzer dabei allein von der Attraktivität des Informationsangebots leiten, so erfolgt das Browsing assoziativ: "One bit of information triggers an association with another bit of information" (McAleese 1993). Bei *gerichtetem* Browsing erfolgt die Exploration eines Hypermediums mit der Absicht, eine ganz spezifische Information zu finden. Die Benutzer orientieren sich bei dieser Art des Vorgehens sowohl an bestehenden pragmatischen und semantischen Beziehungen des Inhalts von Informationsknoten, mit denen der gerade aufgesuchte Knoten verknüpft ist.

Eine weitere Form des Informationszugriffs und der Navigation ist das *Verfolgen vordefinierter Pfade*. Vordefinierte Pfade bestehen aus fest verknüpften Knoten, die eine bestimmte Reihenfolge der Navigation innerhalb einer Hypermedia-Anwendung vorsehen. Der Benutzer wird hierbei durch eine entsprechende Benutzerführung (z.B. durch Anklicken einer "Weiter-Taste") automatisch zu bestimmten Informationsknoten geführt. In der Regel besteht die Möglichkeit, von diesen Pfaden abzuweichen, zumindest sind bei den meisten Anwendungen Rücksprünge möglich. Vorab definierte Pfade im Sinne einer geführten Unterweisung ("guided tour") sollen vor allem in komplexen Anwendungen den ungeübten Benutzer bei der Navigation leiten und ihm die Orientierung erleichtern. Über den di-

daktischen Sinn solcher Konzepte wird heftig gestritten (vgl. Schulmeister 1996, S. 270).

Die gezielte Suche (*Searching*) mittels spezifischer Suchfunktionen ist eine weitere mögliche Variante beim Umgang mit Hypermedien. Allerdings handelt es sich hier weniger um eine Form der Navigation als vielmehr um eine Strategie, Informationen zu finden. Diese Art der Informationssuche, die für traditionelle Datenbanken typisch ist, setzt voraus, daß entsprechende Funktionen in einer Hypermedia-Anwendung implementiert sind. Darüber hinaus müssen sich Problemstellungen anhand entsprechender Schlüsselbegriffe bezeichnen und eingrenzen lassen. In diesen Fällen ist eine gezielte Suche eine sinnvolle Möglichkeit.

In den folgenden beiden Kapitel werden didaktische Thesen referiert, die den Einsatz von Hypermedia-Systemen im Unterricht zum Inhalt haben. Didaktische Argumente für oder gegen den Einsatz von Hypermedia lassen sich auf verschiedenen Ebenen führen, zwischen folgenden soll unterschieden werden:

- Lernpsychologische Dimensionen hypermediagestützten Lernens und
- Perspektiven hypermediagestützten Lernens vor dem Hintergrund didaktisch-methodischer Aspekte.

1.6. Lernpsychologische und didaktisch-methodische Aspekte hypermediagestützten Lernens

Ob Hypermedien unter Berücksichtigung lernpsychologischer und methodischer Aspekte Vorteile gegenüber anderen Medien besitzen, ist in vielen Fällen abhängig von den spezifischen Bedingungen der jeweiligen Lehr-/Lernsituation und deshalb schwierig zu erforschen. Wie Schulmeister (1996) sicherlich zutreffend formuliert, wird zudem "eine Evaluation der Lernprozesse beim Arbeiten mit Hypertext [...] durch die komplexe Struktur des Hypertexts und die nahezu beliebige Freiheit, die er Lernenden gewährt, erheblich erschwert" (S. 245). Dennoch wollen wir im Rückgriff auf verschiedene Quellen versuchen, die potentiellen lernförderlichen Merkmale hypermedialer Systeme zu referieren. Folgende Aspekte sollen angesprochen werden:

- Kognitive Plausibilität
- Kognitive Flexibilität
- Aktives, konstruktives und entdeckendes Lernen
- Situiertes Lernen und
- Kooperatives Lernen.

1.6.1. Kognitive Plausibilität

Viele Argumentationen bezüglich der kognitiven Wirksamkeit hypermediabasierter Anwendungen beziehen sich auf die sogenannte "kognitive Plausibilität" von Hypermedia. Dabei wird von einer *Korrespondenzthese* ausgegangen, die besagt, daß das Verhältnis von Hypertext bzw. Hypermedia und Denken als Korrespondenz vernetzter Strukturen betrachtet werden kann: "Hypertext scheint unter der Annahme kognitiv plausibel zu sein, daß Wissen, dessen Erwerb allgemeines Ziel von Lernen ist, im menschlichen Gehirn in vernetzten, topologischen, nicht-linearen Strukturen organisiert sei" (Kuhlen 1981, S. 182).

In neueren Veröffentlichungen setzt sich Lipsmeier – einer der wenigen Berufspädagogen – auch mit den Möglichkeiten von Hypermedia-Konzepten für die berufliche Bildung auseinander (Lipsmeier 1993, S. 184; 1995, S. 67). Bezugnehmend auf die "Strukturtheoretische Technikdidaktik"[6] sieht er besondere lernförderliche Momente in hypermedialen Lernsystemen, weil diese hilfreich seien beim Auf- und Ausbau orientierungs- und handlungsleitender Strukturen. Implizit ein Plädoyer für die Korrespondenzthese.

Auch Böhle, Riehm und Wingert weisen in einer Analyse von verschiedenen Hypertexten auf diese These hin, "[...] daß die netzwerkartige Organisation von Inhalten in Hypertexten den kognitiven Verarbeitungsprozessen beim Menschen angemessener sei als die traditionelle lineare Präsentation von Ideen in gedruckten Medien" (Böhle /Riehm /Wingert 1992, S.12).

---

6 Die Strukturtheoretische Didaktik hat zwei elementare Bezugssysteme, nämlich die Wissenschaften in ihren Strukturiertheiten und die Kognitionspsychologie (Entwicklung kognitiver Strukturen) (vgl. Achtenhagen 1992, S. 6; Witt 1992).

In gewisser Weise steckt in der Korrespondenzthese eine Analogiesierung von kognitiven Strukturen und Hypertext-Strukturen. Diese These weist Ähnlichkeiten zu konnektionistischen Modellen auf (Rumelhart/ McClelland 1986; McClelland/Rumelhart 1986), die Lernen mit Hilfe selbstmodifizierende Netzwerke zu erklären versuchen. Relativ erfolgreich ist der Konnektionismus bei dem Versuch, maschinelles Lernen mit Hilfe adaptiver neuronaler Netzen auf Rechnern zu implementieren, um Aufgaben wie z.B. visuelles Erkennen, Spracherkennung, Handschrifterkennung, Lesen und andere sensorische Inputs zu realisieren. Konnektionistische Modelle besitzen eine strukturelle Nähe zu selbstorganisierenden biologischen Systemen (Varela 1990).

Allerdings ist die Korrespondenzthese und die Annahme der kognitiven Plausibilität von Hypermedien nicht unumstritten: "Die Hypothese der kognitiven Plausibilität von Hypertext unterstellt, daß die Strukturgleichheit von Text und Denken ursächlich für den kognitiven Lernerfolg verantwortlich ist" (Schulmeister 1996, S. 247). Darüber hinaus basiert die Korrespondenzthese auf der Annahme, "daß Wissen im Gedächtnis wie in Netzen gespeichert werden kann" (Schulmeister 1996, S. 247). Andere Autoren konstatieren ferner, daß die Reichhaltigkeit der semantischen Beziehungen zwischen Wissensinhalten in kognitiven Strukturen, die sich insbesondere durch vielfältige individuelle (Lebens-)Erfahrungen ergeben, den in Hypertextbasen repräsentierten Informationen nicht entsprechen (vgl. Shneiderman / Kearsley 1989).

Grundsätzlich ist dieser Kritik zuzustimmen. Dennoch ist zu vermuten, daß in didaktisch gestalteten Hypermedien die Form der Repräsentation von Informationen und die zwischen ihnen bestehenden Relationen den netzartigen Strukturen menschlicher Wissensstrukturen näher kommen als traditionelle lineare Datenbankstrukturen. Insofern kann davon ausgegangen werden, daß die Fähigkeit des menschlichen Gehirns, Informationen nicht rein sequentiell, sondern selektiv und assoziativ zu verarbeiten, mit Hilfe von hypermedialen Anwendungen zumindest positiv unterstützt werden kann.

1.6.2. Kognitive Flexibilität

Eine weiteres Argument für die Lernförderlichkeit von Hypermedia resultiert aus den theoretischen Annahmen von Spiro und Jehng (1990) bezüglich des Erwerbs kognitiver Flexibilität. Die Autoren beschreiben *Kognitive Flexibilität* als Ziel und Element fortgeschrittenen Lernens (advanced learning). Kognitive Flexibilität beinhaltet eine situationsgerechte sowie flexible Nutzung von Wissen. Aufgrund experimenteller Untersuchungen kommen Spiro und Jehng (1990) zu dem Ergebnis, daß Hypermedia-Systeme sich besonders für das Lernen in "ill-structured domains" eignen, in denen kognitive Flexibilität gefordert, aber auch herausgebildet werden kann. Hypermedia-Systeme seien "[...] best suited for advanced learning, for transfer/application learning goals requiring cognitive flexibility, in complex and ill-structured domains - rather than introductory learning [...]" (S. 167). Die Autoren begründen ihre These damit, daß Hypermedia dem Benutzer vielfältige Verknüpfungsmöglichkeiten und Perspektiven bieten und hierdurch "multiple explanations, multiple analogies, multiple dimensions of analysis" (S. 167) möglich sind. Die aus der Künstlichen Intelligenz (KI) stammendenden Termini "ill-structured" bzw. "well-structured" werden in kognitivistischen Ansätzen oft verwendet, um Problemzustände und Problem-Transformationen danach einzuteilen, ob diese "gut definiert" oder "schlecht definiert" sind (Krause 1982)[7].

Auch Gloor (1990, S. 152) charakterisiert beispielsweise das Browsing in Hypermedia-Systemen (vgl. oben) als eine Informationsfindungs-Strategie, die besonders gut geeignet sei für unscharf definierte und unstrukturierte Probleme in einem Bereich, der dem Benutzer unbekannt ist. Zu vermuten ist, daß durch die relative Offenheit von Hypermedien im Vergleich zu anderen rechnergestützten Lehr- und Lernmitteln in der Tat eine flexiblere Nutzung möglich ist. Ungeklärt ist allerdings, ob diese Potentiale für Ler-

---

[7] Zur Problematik der Verwendung dieser Begriffe im Kontext menschlicher Lernprozesse vgl. Schulmeister 1996, S. 248f. Anmerkung: Wohlstrukturierte Probleme können mit algorithmischen Verfahren gelöst werden, semistrukturierte Probleme mit Heuristiken; schlecht strukturierte Probleme erfordern kreatives Problemlösen. Während Algorithmen eine Lösung garantieren, sind Heuristiken Faustregeln, die zwar häufig, aber nicht immer zum Ziel führen (vgl. Forkel 1994, S. 18f, S. 68).

nende, die mit neuen Wissensgebieten konfrontiert werden, überhaupt genutzt werden können.

1.6.3. Aktives, konstruktives und entdeckendes Lernen

Viele Autoren sehen in Hypermedia ein Medium, das aktives, konstruktives und entdeckendes Lernen unterstützt. Begründet wird diese These in der Regel mit den besonderen Interaktionsmöglichkeiten hypermediabasierter Umgebungen: Hypermedien eröffne die Möglichkeit, multimediale Informationen assoziativ, entsprechend des eigenen Interesses über einfache Zeige- und Gehe-zu-Operationen abzurufen, hierdurch werde Lernenden eine deutlich *aktivere* Rolle als bei linear organisierten programmierten Unterweisungen zugestanden. Durch die vernetzte Art der Repräsentation von Informationen und durch die prinzipiell gegebenen Möglichkeiten der Modifikation von Elementen und Strukturen innerhalb eines solchen Systems werde zudem konstruktives und entdeckendes Lernen gefördert. Kuhlen (1921) sieht deshalb im Vergleich zu überholten Konzepten der programmierten Unterweisung neue Potentiale im hypermediagestützten Lernen: "[...] weiterhin werden zweifellos Lernerfolge begünstigt, wenn Lernende Eigeninitiativen entfalten, d.h. wenn sie Lernmaterialien, wie es bei Hypertext bei gutem Design möglich ist, erkunden können und nicht nur, wie in der Regel bei bisherigen Formen der programmierten Unterweisung, vorgegebene Pfade nachvollziehen müssen" (S. 180).

Ähnliche Überlegungen hat Papert formuliert, wenn er betont, daß es vor allem darauf ankomme, Lernsituationen zu schaffen, die aktives Konstruieren erlauben. Die pädagogischen Ideen Paperts gehen unmittelbar auf das bei Piaget (1967) durchgängig aufzufindende Prinzip zurück, daß das Kind sein Wissen durch eigene *konstruierende* Aktivität in tätiger Auseinandersetzung mit seiner Umwelt erwirbt. Papert, selbst ein Schüler Piagets, hat den Begriff "Constructionism"[8] in die pädagogische Diskussion eingebracht und plädiert für den Einsatz entsprechender anregender "rechnergestützter Lernwelten", wie z.B. Mikrowelten in 'MultiLogo' oder rechnergekoppelte Legomaschinen, auch Hypermedia wird in der Forschungsgruppe

---

[8] *Constructionism* wird in der dtsch. Ausgabe des Buches "Revolution des Lernens" (Papert 1994) mit Konstruktionismus übersetzt.

um Papert als geeignetes Medium angesehen (Harel / Papert 1991, Resnick 1993)[9].

Interessant ist an diesem Konzept aus unser Sicht, daß hier nach Wegen gesucht wird, rechnergestützte, d.h. virtuelle Welten physikalisch mit realen stofflichen Welten, wie z.B. Legomaschinen zu verknüpfen. Vor dem Hintergrund der hier erörterten Thesen, daß hypermediagestützte Medien aktives und vor allen Dingen *konstruktives* Lernen unterstützen können, gehen wir davon aus, daß die Ankopplung realer Prozesse an hypermediale Systeme insbesondere in der beruflichen Bildung eine interessante Perspektive darstellt. Die Untersuchung dieser Frage hat deshalb eine zentrale Bedeutung im Modellversuch HYSIM.

Ein anderes Beispiel, das die konstruktiven Elemente von Hypermedien anspricht, geben Beeman, Anderson et al (1987), allerdings aus der Sicht der Entwickler hypermediabasierter Lernmaterialien: sie haben bei der Evaluation von *Intermedia*[10] festgestellt, daß der Lerneffekt bei Personen, die an der Entwicklung hypermediabasierter Materialien beteiligt waren, erheblich höher war als bei den Benutzern – eine Bestätigung, daß "Lernen durch Tun" auch (oder gerade) im Zusammenhang mit der Gestaltung hypermediabasierter Materialien sehr wirkungsvoll sein kann. Eine Erfahrung, die sich übrigens auch im Projekt HYSIM bestätigte und eine Lehrergruppe dazu motivierte, ein Unterrichtsprojekt durchzuführen in dem Schüler selbst ein kleines hypermediabasiertes Meßsystem entwickelt haben (Jäger-Buschart / Herzog 1995).

Inwieweit die von vielen Autoren geäußerte These, mit Hilfe hypermedialer Lernumgebungen werde aktives, konstruktives und entdeckendes Lernen, d.h. letztendlich handlungsorientiertes Lernen gefördert, muß allerdings an Fallbeispielen evaluiert werden. Kritiker äußern die Vermutung, daß die positiven Effekte im Zusammenhang mit hypermedialen Lernange-

---

9 Zur Kritik vgl. Mangold-Allwin 1990, Sting 1992. Mangold-Allwin (1990) gibt u.a. eine informative Zusammenfassung zu empirischen Studien, in denen die Programmiersprache LOGO evaluiert wurde.

10 Intermedia ist ein an der Brown University entwickeltes unix-basiertes Hypermedia-System. Das System entstand ab 1985 und hat wichtige Impulse für nachfolgende Entwicklungen gegeben.

boten auch auf den sog. *Howthorne- oder Neuigkeitseffekt* zurück zuführen sei: "At first sight, the effects of introducing hypertext seem to have been positive [...] However, they also report an unexpected finding which suggests that improvements may not have been attributable to the introduction of hypertext per se but rather to factors related to its introduction" (McKnigh/Dillon 1991, 112ff.).

1.6.4. Situiertes Lernen

Seit Ende der 80er Jahre taucht ein Begriff immer häufiger auf, wenn es um die Frage geht, wie am besten gelernt werden soll, nämlich der des *situierten Lernens*. Die Grundidee des situierten Lernens besteht darin, daß Lernen als ein Prozeß zu betrachtet ist, der im Besonderen von der materiellen und sozialen Situation, in der Lernprozesse stattfinden, abhängig ist.

Die Ansätze, die auf den Theorien situierten Lernens beruhen, haben unter anderem die Forderung nach Lernen in komplexen Lernumgebungen gemeinsam. Viele Autoren äußern in diesem Zusammenhang die These, daß der Erwerb sogenannten situierten Wissens durch multimediale oder hypermediale Lernumgebungen[11] in besonderer Weise unterstützt werden kann (Mandl /Gruber /Renkl 1995, S. 167ff; Duffy & Knuth 1990). Spiro und Jehng (l990) haben mit der Entwicklung einer fallbasierten Lernumgebung versucht, diese These empirisch zu belegen.

Als lernförderliches Moment wird in vielen Veröffentlichungen die Flexibilität im Zugriff auf Wissen betrachtet, die Hypermedia potentiell bieten kann: "Zu den Potentialen gehört sicherlich in erster Linie die Flexibilitat im Zugriff auf Wissen. Lernsituationen sind in hohem Maße individualisierte Situationen, so daß Ausbildungsmaterialien auf unterschiedliche Fähigkeits-, Erfahrungs- und Verständnisebenen (Stanton/Stammers 1989/90) reagieren können sollten" (Kuhlen 1991, S. 180).

Durch die Möglichkeit von Hypermedia, über das gleiche Datenmaterial auf relativ einfache Weise ganz unterschiedliche Sichten definieren zu

---

11 Leider wird in den meisten Veröffentlichungen aus dem Bereich der Berufspädagogik und Mediendidaktik keine exakte Differenzierung zwischen Multimedia und Hypermedia vorgenommen. Bei der wissenschaftlichen Aufarbeitung entsprechender Quellen ergeben sich daher immer wieder gewisse Unschärfen.

können, indem verschiedene Ausschnitte und Arten von Verknüpfungen verfügbar sind, verspricht Hypermedia, die Bedürfnisse unterschiedlicher Benutzergruppen und unterschiedlicher Kontexte mit dem gleichen Programm und Datenmaterial abdecken zu können. Dies erklärt u.a. auch das didaktische Interesse an Hypermedien, sie dort einzusetzen, wo Umfang, Reihenfolge und zeitliches Ausmaß im Umgang mit Lernmaterialen individuell von den Benutzern geregelt werden soll.

Einige Pädagogen und etliche Softwareentwickler gehen davon aus, daß multi- und hypermediale Lernsoftware im Gegensatz zu anderen Lernmedien selbstgesteuertes Lernen in der Berufsschule wie auch am Arbeitsplatz ermöglicht (vgl. BIBB 1993, Schenkel u.a. 1993)[12]. Eine empirische Bestätigung dieser These ist schwierig zu erbringen. Meier / Baratteli (1991) kommen in einer Wirksamkeitsstudie, in der rechnergestützte Videodarbietungen im Hochschulunterricht untersucht wurden, zu dem Ergebnis, daß "offensichtlich der Lehrer mit seinen sozial -interaktiven Funktionen nicht zu ersetzen" (S. 122) sei. Auch in der Praxis tätige Berufspädagogen kommen nach unserem Eindruck zu einem relativierenden Urteil über Möglichkeiten des selbstgesteuerten Lernens. Sie widersprechen in der Regel der sog. Individualisierungsthese, die eine Obsoletheit pädagogischen Personals beinhaltet (vgl. Lipsmeier 1993).

Die in manchen Veröffentlichungen implizit "herausklingende" Feststellung, man könne Selbstlernprozesse mit hypermedialer Software besser als mit anderen Lernmedien initiieren, weil rechnergestützte Hypermedien quasi automatisch sich unterschiedlichen situativen Lehr-/Lernkontexten anpassen, sind deshalb pädagogisch unbegründet und vor dem Hintergrund vorhandener Hard- und Softwaretechnik technisch unsinnig.

1.6.5. Kooperatives Lernen

Kooperatives Lernen charakterisiert Lernprozesse, bei denen die Mitglieder einer Lerngruppe gemeinsam und in wechselseitigem Austausch Kenntnisse und Fertigkeiten erwerben. Eine solche Form des Lernens umfaßt eine Vielzahl gemeinsamer Aktivitäten: Ziele definieren, Lösungswe-

---

[12] Vgl. auch das Projekt COALA (Computerunterstütztes arbeitsplatznahes Lernen für An- und Ungelernte) (Schmidt 1993).

ge planen, Alternativen diskutieren, Hypothesen formulieren, bewerten und überprüfen usw. Als Vorteile kooperativen Lernens können folgende Punkte gesehen werden:

- Steigerung der Lernmotivation durch eine höhere Involviertheit der Lernenden.
- Bestimmte soziale Kompetenzen und Fertigkeiten (wie z.B. Kommunikationsfähigkeit) können nur in der Gruppe gelernt werden.

Es zeigt sich allerdings, daß sich diese Vorteile nicht von selbst einstellen, sondern daß es gewisser Rahmenbedingungen bedarf (vgl. hierzu Cohen 1994). Für die hier zu erörternde Problematik ist es bedeutsam zu fragen, inwieweit durch den Einsatz rechnergestützter Hilfsmittel, wie beispielsweise Hypermedia, kooperative Lernprozesse unterstützt werden können.

Schulmeister (1996, S. 261) vermutet, daß sich Hypermedia-Systeme besonders für kooperatives Lernen anbieten, da sie speziell für die Präsentation diskursiver Inhalte geeignet seien. Ähnlich argumentiert Tergin (1995), wenn er schreibt "Hypertext/Hypermedia-Systeme haben aufgrund der spezifischen Form der Wissensrepräsentation, aufgrund der prinzipiellen Veränderbarkeit von Elementen der Datenbasis über eine sog. Autorenkomponente [...] das Potential, kooperative Lernformen zu unterstützen" (S. 131). Dix et al (1993) diskutieren verschiedene Konzepte netzbasierter Groupware und kommen zu der Einschätzung, daß Hypertextbasierte Kommunikationen unter bestimmten Voraussetzungen geeigneter seien als lineare "textbasierte Kommunikation"[13] (S. 583). Als Gründe hierfür werden u.a. die Möglichkeiten der Repräsentation paralleler Konversation in Hypertexten genannt. Die Autoren beziehen sich hier allerdings auf verteilte, netzbasierte Hypertext-Systeme und nicht auf Einzelplatzsysteme.

Festzustellen ist: Forschungen zum Problembereich des rechnergestützten kooperativen Lernens sind noch relativ selten (vgl. Literaturhinweise in Hesse / Garsoffsy / Hron 1995). Spezielle Aussagen zur kooperationsförderlichen Wirkung hypermediabasierter Systeme im Kontext beruflicher

[13] Textbasierte Kommunikation meint hier rechnergestützte asynchrone Kommunikation, wie etwa mit Email-Systemen oder elektronischen Konferenzen (vgl. Dix et al 1993, S. 552f)

Lernprozesse noch seltener. Prinzipielle Aspekte hierzu lassen sich u.a. aus der sogenannten CSCW-Forschung (Computer Supported Cooperative Work) herleiten. In der CSCW-Forschung werden arbeitsorganisatorische, soziale und technische Aspekte der rechnergestützten Arbeit in Gruppen untersucht (vgl. Winograd /Flores 1986). Allerdings ist mit hoher Wahrscheinlichkeit davon auszugehen, daß durch die Verbreitung des World Wide Web – ein im Prinzip weltweit-vernetztes Hypermedia-System – das Forschungsinteresse im Bereich hypermediagestützten kooperativen beruflichen Lernens zunehmen und dementsprechend bald neue Erkenntnisse vorliegen werden.

1.7. Probleme bei der Nutzung von Hypermedia

In Hypermedia-Systemen sind Informationseinheiten, wie oben dargestellt wurde, in Form nichtsequentieller, netzartiger Strukturen abgelegt. Die Objekte in einem solchen Netzwerk können aus verschiedenen Medien bestehen, die interaktiv am Bildschirm verfolgt und dargestellt werden können. Die Abfolge der Dialogschritte wird vom Benutzer gesteuert. Er bewegt sich selbständig in dem Informationsnetzwerk und legt auch den Umfang und die Anzahl von Erklärungen und Präsentationen fest. Hypermedia-Systeme sind deshalb relativ offene Lernsysteme – im Vordergrund steht die *aktive* Informationssuche durch den Benutzer.

Bei dem Verfolgen bzw. Suchen von Informationen in einem Hypermedia-System treten allerdings zwei grundsätzliche Probleme auf: zum einen wird der Nutzer mit zu vielen verzweigten und verschachtelten Informationen konfrontiert, zum anderen besteht die Gefahr, sich durch das Verfolgen von Verweisen im Netzwerk zu verlieren. Im ersten Fall wird vom sog. "cognitive overload" gesprochen, das zweite Problem durch den Begriff "lost in hyperspace" charakterisiert (Conklin 1987). Die starke Eigenverantwortung beim Lernprozeß in Hypermedia-Systemen birgt also viele Vorteile, darüber hinaus aber auch Risiken (Tergan 1996, S. 132f).

Die Problematik einer *Informationsüberflutung* und eines damit einhergehenden *Orientierungsverlustes* wird durch den Einsatz neuer digitaler Medien wie beispielsweise Hypermedia zweifellos verstärkt (vgl. Schaub 1995). Die vom Computer vorgelegte Geschwindigkeit und Bearbeitungskapazität geht in vielen Fällen über die Möglichkeiten des Lernenden hin-

aus. Außerdem ist er im Regelfall nicht in der Lage, die Korrektheit von Programmen in der Weise zu überprüfen, daß er die damit gewonnenen Fakten und Informationen verifizieren kann. Dennoch bleibt die Ergebniskontrolle letztlich ein nicht delegierbarer Part des Menschen. Die gleichzeitige Forderung nach Ergebniskontrolle und ihre faktische Unmöglichkeit ist damit ein 'informations-technologisches Paradoxon'.

1.8. Zusammenfassung

Hypertext bezeichnet das Konzept eines nichtsequentiellen Textes, das es erlaubt, durch die Nutzung von Verbindungen zwischen miteinander in Zusammenhang stehenden Inhalten zu weitergehenden, vertiefenden Informationen zu gelangen. Hypermedia ist eine Ausdehnung der Hypertext-Konzeption von reinem Text auf verschiedenartige Medien. Im Gegensatz zu konventionellen Systemen können dabei Informationen in den verschiedensten Formen (multimedial) - Texte, Zahlen, Bilder, Ton, Animation - gespeichert, verarbeitet und dargestellt werden.

Wie erwähnt, bedeutet der Übergang von Hypertext zu Hypermedia, daß Dokumente außer Text noch andere unterschiedliche Medien beinhalten können, wie z.B. Grafik, Ton und Film. Auch in traditionellen relationalen Datenbanken ist es möglich, solche unterschiedlichen Datenstrukturen zu speichern und zu verwalten. Die Art der Verknüpfungen muß jedoch prädefiniert bzw. über spezielle Datenbankabfragesprachen hergestellt werden, während bei Hypermedia-Systemen die Information assoziativ, entsprechend des eigenen Interesses über einfache Zeige- und Gehe-zu-Operationen abgerufen bzw. die Verbindung festgelegt werden kann. Der Anwender kann sich interaktiv und assoziativ entlang dieser Verbindungen zwischen den einzelnen Informationen (Knoten) fortbewegen, wobei er unter Umständen eine deutlich *aktivere* Rolle einnehmen kann als bei linear organisierten Systemen.

Hypermedia-Systeme repräsentieren eine neuen Generation von Software, und dies sowohl in Bezug auf die Möglichkeiten für eine benutzerorientierte Gestaltung der Mensch-Computer-Schnittstelle als auch für die aufgabenzentrierte Bereitstellung von Funktionalität zur Unterstützung von Lehren und Lernen. Hierzu ist es nötig, einerseits die Möglichkeiten, die dieses Konzept bietet, kreativ zu entfalten und andererseits neue Erfahrun-

gen mit entsprechenden Realisierungen zu sammeln. Im Rahmen des hier beschriebenen Modellversuches wird davon ausgegangen, daß durch die *Kombination von Hypermedien mit Simulationen* rechnergestützte Lernumgebungen realisiert werden können, die besondere lernförderliche Merkmale aufweisen.

1.9. Literatur

Achtenhagen, F. (1992): Lernhandeln in komplexen Situationen. Neue Konzepte der betriebswirtschaftlichen Ausbildung. Wiesbaden.

Aders, A. / Ansel , B. (1990): Hypertext für den Unterricht - eine kritische Standortbestimmung. In: Gloor/Streitz (1990).

Arnold, R. /Lipsmeier, A. (Hrsg.) (1995): Handbuch der Berufsbildung. Opladen

Baumgartner, P. (1995): Didaktische Anforderungen an (multimediale) Lernsoftware. In: Issing, L. /Klimsa, P.(1995). S. 241-252

Baumgartner, P. / Payr, S. (1994): Lernen mit Software. Innsbruck

Beeman, W.O., Anderson, K.T. et al (1987):Hypertext and Pluralism: From Lineal to Non-Lineal Thinking. In: Proceedings of the ACM-Hypertext '87 Conference. Chapel Hill, NC (1987) pp.67-88

Berners-Lee, T., et al., (1992): "World-Wide Web: The Information Universe" , Electronic Networking: Research, Applications and Policy, Vol 1 No 2, Meckler, Westport CT, Spring 1992)

BIBB (Bundesinstitut für Berufsbildung, Hrsg.)(1993): Multimediales Lernen in neuen Qualifizierungsstrategien. Entwicklungstendenzen und Lösungswege. Nürnberg

Böhle, K. /Riehm, U. /Wingert, B. (1992): Bücher über Hypertexte und Hypertexte der Bücher - Erfahrungen aus einer Evaluation. In: Vortragspapiere - Hypersystem-Konzepte in Medien und kultureller Produktion II. Lüneburg

Bush, V. (1945): As we may think. In: Atlantic Monthly 176, July 1945, S. 101-108.

Cohen, E. G. (1994): Restructuring the classroom: Conditions for productive small groups. Review of Educational Research, 64 (1), 1 -35,

Conklin, J. (1987): Hypertext - An introduction and a survey. IEEE Computer, 20, (9), pp. 17-41.

Dix, A. / Finlay, J. /Abowd, G. /Beale, R. (1993): Mensch Maschine Methodik. München

Duffy, T.M /Knuth, R.A. (1990): Hypermedia and Instruction: Where is the Match? In: Jonassen, D.H. /Mandl, H.(eds.): Designing Hypermedia for Learning (NATO ASI Series. Series F: Computer and Systems Sciences; 67) Berlin /Heidelberg. pp199-225

Engelbart, D. (1963): A conceptual framework for the augmentation of man's intellect. In P. Howerton (Ed.): Vistas in information handling, pp. 1-29. Spartan Books, 1963.

Euler, D. / Twardy, M. (1995): Multimediales Lernen. In: Arnold, R. /Lipsmeier, A. (Hrsg.) (1995). S. 356

Forkel, M. (1995): Kognitive Werkzeuge - ein Ansatz zur Unterstützung des Problemlösens, München; Wien. 1995. Zugl. Diss. TU Berlin 1994

Freibichler, H. (1990): Ist klassisches, programmgesteuertes CBT out? In: Dokumentation: Lernsystem-Analytiker-Kongress. Wiesbaden S.97-103

Geffert, R. (1996): Multimediale Lernarrangements für berufliche Schulen. In: Zimmer, G. / Holz, H. (Hrsg.) (1996) S. 175ff

Gloor, P. A. (1990): Hypermedia - Anwendungsentwicklung. Stuttgart

Gloor, P. A./ Streitz, N. A. (1990, Hrsg): Hypertext und Hypermedia. Informatik-Fachberichte 249. Heidelberg

Glowalla, U./ Schoop. E. (1992, Hrsg.): Hypertext und Multimedia. Neue Wege in der computerunterstützten Aus- und Weiterhildung. Berlin

Harel, I. /Papert. S. (Hrsg.) (1991): Constructionism. Norwood, NJ

Hesse, F. W. / Garsoffsy B. / Hron, A. (1995): Interface-Design für computerunterstütztes kooperatives Lernen. In: Issing /Klimsa (1995) S. 253ff

Irler, L. J. / Barbieri, G. (1990): Non-obstrusive Hypertext Anchors and Individual Colour Markings. In: Rizk, A. /Streitz, N.A. / André, J. (eds): Hypertext: Concepts, Systems, and Applications. Proceedings of the ECHT'90 European Conference on Hypertext INRIA Cambridge: Cambridge University Press (1990) pp261-273

Issing, L. / Klimsa, P.(1995): Information und Lernen mit Multimedia, Weinheim

Jäger-Buschart, E. W. / Herzog, H.(1995): Beschreibung eines Unterrichtsprojektes: "Virtueller Funktions-Generator". In: 3. Zwischenbericht zum Modellversuch "Hypermediagestützte Simulationssysteme für berufliche Schulen". S. 87ff

Krause, W. (1992): Problemlösen - Stand und Perspektiven, Teil 1 Zeitschrift für Psychologie, 190 (1982) l, S. 17-36.

Kuhlen, R. (1991): Hypertext. Ein nicht-lineares Medium zwischen Buch und Wissenschaft. Berlin/Heidelberg

Lipsmeier, A. (1993): Individualisierung von Lernprozessen im Kontext multimedialen Lernens in der beruflichen Aus- und Weiterbildung. In: Bundesinstitut für Berufsbildung (Hrsg.): Multimediales Lernen in neuen Qualifizierungsstrategien. Nürnberg. S. 179-187.

Lipsmeier, A. (1996): Die neuere fachdidaktisch-methodische Diskussion in der Berufspädagogik und ihre Implikationen für multimediale Lernarrangements. In: Zimmer, G. / Holz, H. (Hrsg) (1996). S. 57-77

Mandl, H. / Gruber, H. /Renkl, A.(1995): Situiertes Lernen in multimedialen Lernumgebungen. In : Issing /Klimsa (1995) 167ff

Mangold-Allwinn, R. (1990): Medienwirkungen zum Computer: Effekte des Erwerbs von Programmierkenntnissen. In: Medienpsychologie, Jg. 2 (1990), Heft 1, S. 3-22

McAleese, R. (1993): Navigation and Browsing in Hypertext. In: McAleese, R. (1993) (ed): Hypertext: Theory into Practice. Oxford. Pp 5-38

McAleese, R. (ed) (1989): Hypertext: Theory into Practice. Oxford

McClelland, J.L / Rumelhart, D.E. (eds) (1986): Parallel Distributed Processing. Explorations in the Microstructure of Cognition. Vol.2: Psychological and Biological Models. Cambridge/London

McKnigh, C. / Dillon, A./Richardson, J. (1991): Hypertext in Context. Cambridge

Meier, F. / Baratteli, S. (1991): Wissenspsychologische Evaluation selbstgesteuerten Lernens mit modernen Medien und rechnergestützten Instruktionen. In: Medienpsychologie, Jg. 3 (1991), Heft 2, S. 109-123

Meyrowitz, N. (1989): The Missing Link: Why We're All Doing Hypertext Wrong. In: Barett, E. (ed.): The Society of Text, Hypertext, Hyperme-

dia, and the Social Construction of Information. Cambridge. Mass., MIT

Mühlhäuser, M.(1991): Hypermedia-Konzepte zur Verarbeitung multimedia Informationen. In: Informatik-Spektrum (1991) 14,; S. 281-290.

Nelson, T. (1965): A file structure of the complex, the changing, and the indeterminate. In: Proceedings of the 20-th Nation ACM-Conference, pp. 84 - 100. Cleveland, OH, 1965.

Nielsen (1990):Hypertext and Hypermedia. Boston u.a.: Academic Press 1990

Papert, S. (1994): Revolution des Lernens : Kinder, Computer, Schule in einer digitalen Welt. (Originaltitel: The Childrens's Machine). Hannover

Parssaye, K. / Chignell, M.H. et al (1989)(eds): Intelligent Databases, Object-Oriented, Deductive Hypermedia Technologies. New York

Piaget, J. (1967): Psychologie der Intelligenz. Zürich.

Resnick, M. (1993): Behavior Construction Kits. Communications of the ACM. 36, 7, pp.64-71

Reuther, K.-J. (1996): Computerunterstützte Lernarrangements in der metalltechnischen Grundbildung In: Zimmer, G. / Holz, H. (Hrsg.) (1996) S. 175ff

Riehm, U. / Wingert, B. (1995): Multimedia - Mythen, Chancen und Herausforderungen, Bollmann-Verlag, Mannheim

Rumelhart, D.E./ McClelland, J.L (1986): Parallel Distributed Processing, Explorations in the Microstructure of Cognition. Vol I Foundation. Cambridge, London

Schaub, F. (1995): Lost in Hyperspace? Wege durch den multimedialen WiIdwuchs. In: Medienpsychologie, Jg. 7 (1995) Heft 4. S. 262-285

Schenkel, P., u.a. (Hrsg) (1993): Didaktisches Design für die multimediale, arbeitsorientierte Berufsausbildung. Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB). Berlin

Schmidt, H. (1993): Multimediale Lernumgebungen für Un- und Angelernte. Kurzdarstellung des Projekts COALA - Computerunterstütztes Arbeitsplatznahes Lernen für An- und Ungelernte. In: Schenkel, P., u.a. (Hrsg) (1993). S. 181-196

Schulmeister, R. (1996): Grundlagen hypermedialer Systeme. Theorie-Didaktik-Design. Bonn, Paris

Schupp, P. (1992): Hypertext. (Handbuch der Informatik ; Bd. 10.1) München, Wien

Shneiderman, B. / Kearsley, G. P. (1989): Hypertext Hands-on! Reading, MA

Spiro R.J./ Jehng, J.-Ch. (1990): Cognitive Flexibility and Hypertext: Technology for the Nonlinear and Multidimensional Traversal of Complex Subject Matter. In: Nix. D./Spiro. R.J. (eds): Cognition. Education, and Multimedia. Exploring Ideas in High Technology. Hillsdale, NJ u.a. pp163- 205

Sting, S. (1992): Turtle-Bildung. In: Neue Sammlung, 32 (1992): S. 371-385

Streitz, N. A (1991): Hypertext: Bestandsaufnahme, Trends und Perspektiven. In: Encarnacao, J. (Hrsg.) (1991): Telekommunikation und multimediale Anwendungen der Informatik. GI-21. Jahrestagung Darmstadt, 14.-18. Oktober 1991. Proceedings, Berlin, Heidelberg u.a..S. 543ff

Tergan, O.-S. (1996): Hypertext und Hypermedia: Konzeptionen, Lernmöglichkeiten, Lernprobleme. In: Issing /Klimsa (1995). S. 123-137

Trigg, R.H. (1983): A Network-Based Approach to Text Handling for the Online Scientific Community. University of Matyland 1983 (University Microfilms #8429934 Dissertation) zit. bei Schulmeister (1996), S. 445

Varela, F.J (1990): Kognitionswissenschaft - Kognitionstechnik. Eine Skizze aktueller Perspektiven. (Suhrkamp Taschenbuch wissenschaft; 882) Frankfurt am Main : Suhrkamp Taschenbuch Verlag 1990

Winograd, T. / Flores, F. (1986): Understanding Computers and Cognition: A New Foundation for Design, Ablex, Norwood, New Jersey.

Witt, R. (1992): Strukturelle Differenzierung und thematische Verbindung von rechtlichen und betriebswirtschaftlichen Lehrstoffen in kaufmännischen Schulen. In: Achtenhagen /John (Hrsg.): Mehrdimensionale Lehr-Lernarrangements. Innovationen in der kaufmännischen Aus- und Weiterbildung. Wiesbaden. S. 305-326.

Zimmer, G. / Holz, H. (Hrsg) (1996): Lernarrangements und Bildungsmarketing für multimediales Lernen. Berichte aus der Berufsbildungspra-

xis. Reihe: Multimediales Lernen in der Berufsbildung - BIBB. Nürnberg

Dieter Müller

1. Möglichkeiten hypermediagestützter Simulation

Im folgenden Kapitel werden Möglichkeiten hypermediagestützter Simulation unter technischen und didaktisch-methodischen Aspekten beschrieben. Dabei werden auch Perspektiven für den Einsatz hypermediabasierter Simulatoren im berufsbildenden Unterricht entwickelt und mögliche Realisierungen dargestellt.

Eine zentrale Idee des Modellversuches HYSIM besteht darin, unterschiedliche Simulationsmodule mit Hilfe von Hypermedia zu *einem mehrperspektivischen Mehrebenensimulationssystem* zu verknüpfen. Prototypische Bausteine eines solchen hypermediabasierten Mehrebenensimulators werden im Kapitel IV und unterrichtsbezogene Realisierungen in Kapitel VI dargestellt. In den Kapitel II-1 und II-2 wurden im einzelnen die potentiellen didaktischen Möglichkeiten von Simulationen und Hypermedia vor dem Hintergrund aktueller Forschungsergebnisse diskutiert. Es zeigten sich Hinweise dafür, daß vorhandene Simulationssysteme in vielen Fällen Defizite in folgender Hinsicht aufweisen:

- Möglichkeiten der Modellbildung und Simulation auf unterschiedlichen *Abstraktionsebenen*,
- Unterstützung verschiedener *Sichtweisen und Perspektiven* bei der Modellbildung und Simulation durch Komponentenvielfalt und -heterogenität,
- Unterstützung *individueller Vorgehensweisen* bei der Modellbildung und Simulation durch wahlfreie Navigationsmöglichkeiten in hyperstrukturierten Softwareumgebungen,
- Möglichkeiten der *Prozeßkopplung* zwischen Simulationsmodellen und Realsystemen.

Allerdings wurde auch deutlich, daß das Lernen mit rechnerbasierten Simulationen Zugänge zur Erschließung komplexer Sachverhalte erleichtert und in manchen Fällen komplexe Realität überhaupt erst mit Hilfe der Simulation erfahrbar ist. Dementsprechend sind Simulationsmodelle als

Mittel der Komplexitätsreduktion unverzichtbar für den Unterricht. Auch andere lernpsychologische sowie didaktisch-methodische Gesichtspunkte sprechen für den Einsatz von Simulationen im Unterricht. Weiterhin wurde deutlich, daß Hypermedien qualitativ neue Funktionalitäten zur Unterstützung von Lehren und Lernen bereitstellen und damit erweiterte Perspektiven zur Entwicklung und Nutzung modularer, leicht erweiterbarer Softwarewerkzeuge eröffnen. Hierzu zählen insbesondere:

- Möglichkeiten der *Integration* einzelner Spezialapplikationen innerhalb einer homogenen Umgebung mit einer konsistenten Benutzungsoberfläche,
- Möglichkeiten der *nicht-sequentiellen Verknüpfung* von Daten,
- Möglichkeiten der Einbindung verschiedener *zeitunabhängiger Medien* (Text, 2D/3DGrafik) sowie *zeitbasierter Medien* (Video, Audio, Animation),
- Möglichkeiten einer *benutzerorientierten Anpassung* der Software an neue Anforderungen (tendenzielle Aufhebung der Trennung zwischen Softwareanwender und -entwickler).

Die Idee, Hypermedia als eine Basistechnologie zur Entwicklung didaktischer (Simulations-)Werkzeuge zu verwenden, fußt dementsprechend auf der These, daß Hypermedien spezifische technische und didaktische Möglichkeiten eröffnen, die genannten Defizite bei Simulationssystemen zu reduzieren. Wir gehen deshalb davon aus, daß durch die *Kombination von Simulation und Hypermedien* rechnergestützte Simulationsumgebungen realisiert werden können, die *besondere* lernförderliche Merkmale im Vergleich zu konventionellen Simulatoren aufweisen[1].

---

[1] Lipsmeier sieht ebenfalls didaktische Perspektiven von Hypermedia-Konzepten im Zusammenhang mit technischen Simulationen und plädiert für entsprechende Forschungen (Lipsmeier 1993, S. 184; 1995, S. 67).Vor dem Hintergrund strukturtheoretischer Überlegungen diskutiert Witt (1992) Aspekte "mehrdimensionaler Lehr-Lernarrangements" in der kaufmännischen Aus- und Weiterbildung.

1.1. Ein Szenario

Wie kann man sich nun die *Kombination von Simulation und Hypermedien* auf der Basis eines Simulations-'Baukastens' praktisch vorstellen? Welche Lernmöglichkeiten bietet eine derartige Lernumgebung? Welche Lernbereiche lassen sich damit abdecken?

Wir haben in ersten Projektentwürfen (vgl. Bruns/Müller 1993) exemplarisch ein Szenario eines *hypermediagestützten Produktionssimulators* skizziert. An dieser Stelle sollen jene Überlegungen – ein auf einen Produktionssimulator für gewerblich-technische Qualifizierungsprozesse bezogenes Szenario – nochmals sinngemäß beschrieben werden:

Ein solches System müßte als Experimentierbaukasten, als multimediale interaktive Lernumgebung konzipiert werden. Dazu sollte es mit einer einheitlichen auditiven, visuellen und haptischen Benutzungsschnittstelle versehen sein. Bedienfunktionen müßten auf der Basis werkstatt- und erfahrungsorientierter Metaphern konzipiert und gestaltet sein. Informationssysteme, Animationen physikalischer und mathematischer Grundlagen (Prinzipien) sowie anwendungsbezogene Prozeßsimulationen und auch reale Prozesse müßten integrierbar sein. Neben der Berücksichtigung einzelner technischer Systeme wäre auch die Modellierung und Simulation kompletter Produktionsprozesse auf unterschiedlichen Ebenen möglich.

Auf diese Weise wären unterschiedliche Werkzeuge und Hilfsmittel für organisatorische, planende, koordinierende, steuernde, überwachende, wartende, instandhaltende und informierende Tätigkeiten verfügbar. Eine solche Lernumgebung wäre geeignet für die Vermittlung von Fertigungswissen und Planungsfähigkeit im weiteren Sinne (Materialeigenschaften, Zerspanungsprozeß, Werkzeuge, Werkzeugorganisation, Materialplanung usw.). Offenheit des Simulators im Sinne freier Konfigurierbarkeit und Erweiterbarkeit sowie kooperationsfördernde Kommunikationsmöglichkeiten zwischen verschiedenen Arbeitsplätzen wären Forderungen, die technisch erfüllbar sein müßten. Technisch könnte eine solche Lernumgebung durch die Integration vorhandener wie auch neu zu entwickelnder Einzelkomponenten in ein *interaktives Hypermediakonzept* realisiert werden (vgl. Abb. 1-1).

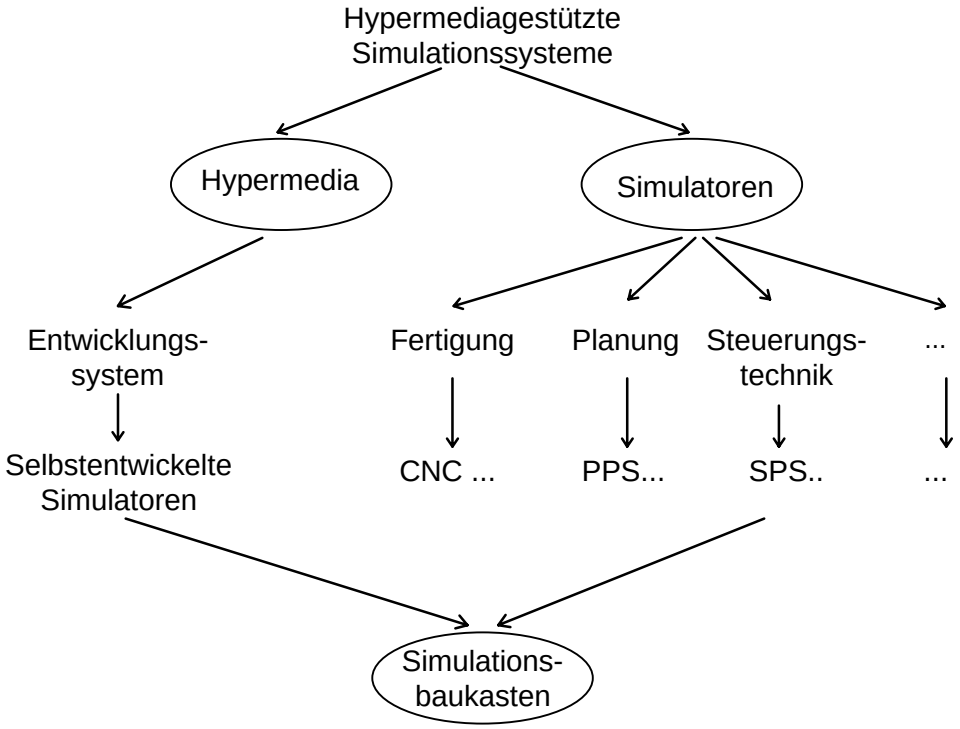


Abb. 1-1: Hypermediagestützte Simulationssysteme in Kombination mit vorhandenen Simulatoren

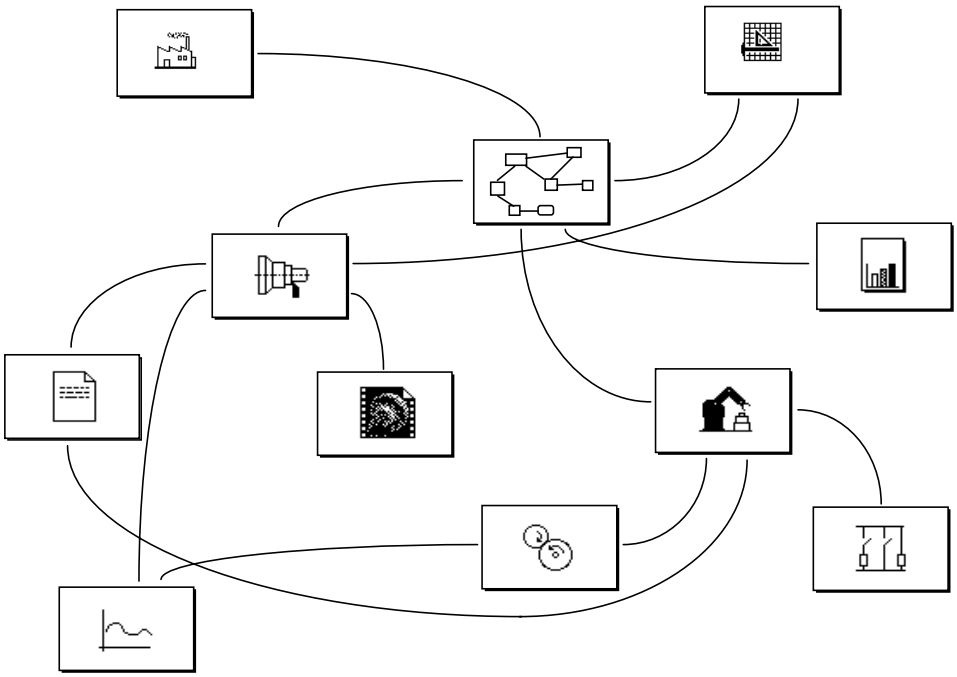


Abb. 1-2: Modell eines Produktionsbetriebs als Hyperstruktur

Lernende könnten mit Hilfe eines solchen Simulationsbaukastens das Wirkungsgefüge moderner Fertigungs- und Steuerungstechnik mit seinen komplexen Wechselwirkungen spielerisch erkunden. Es wäre eine Lernumgebung vorhanden, die es gestattet, verschiedene Szenarien zu simulieren und eine Thematik von verschiedenen Standpunkten zu betrachten: Benutzer und Benutzerinnen könnten sich 'frei' in einer virtuellen Fabrik bewegen, und Hilfsmittel benutzen, die die Orientierung erleichtern. An verschiedenen Stellen (z.B. Arbeitsvorbereitung, Konstruktion, Fertigung) könnte der Benutzer stehenbleiben, um eine Thematik tiefer zu erforschen: Arbeitspläne können entwickelt, CNC-Programme getestet und ausprobiert werden. Störungen könnten simuliert und mögliche Konsequenzen erforscht, fehlende Informationen aus einer Datenbank abgerufen werden.

Folgende Stichpunkte zeigen – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – die unterschiedlichen Inhaltsbereiche und Lernmöglichkeiten, die im Rahmen eines hypermediagestützten, modularen Produktionssimulators enthalten sein könnten:

• Produktionsprozesse
- Planung, Modellierung und Simulation von Produktionsabläufen
- Simulation von Fehlerzuständen und technischen Störungen
- Simulation von Gestaltungsalternativen
- Simulation von Material- und Stoffströmen

• Spanende und spanlose Fertigungstechniken
- Planen, Erstellen und Testen von CNC - Programmen
- Kollisionsbetrachtungen
- Visualisierung von Zerspanungsprozessen

• Handhabungstechnik, Robotik
- Planen, Erstellen und Testen von Roboterprogrammen
- Simulation von Montageprozessen
- Veranschaulichung komplexer Kinematiken von Handhabungssystemen

• Steuerungstechnik
- Planen, Erstellen und Testen von SPS - Programmen
- Simulation von Steuerungs- und Regelungsprozessen
- Simulation von Störungen

• Informations- und Kommunikationstechnik
- Simulation und Visualisierung von Algorithmen
- Simulation von Rechner-Architekturen (CPU - Simulation)
- Visualisierung von Datenübertragungsverfahren in Netzwerken

• Werkstofftechnik
- Simulation von Werkstoffverhalten
- Visualisierung von chemischen Vorgängen.

1.2. Integration von Simulation und Hypermedia - Perspektiven technischer und didaktischer Realisierung

Die Vielfalt, die ein solches Lernsystem eröffnet, wird durch ein *hypermediabasiertes Framework* (Navigations- und Steuerungsrahmen) technisch realisiert (vgl. hierzu Kap. IV-5.1). Ein solches Hypermedia-Framework integriert verschiedene Simulationsmodelle unterschiedlicher Abstraktionsebenen und Anwendungsrichtungen (*Modellbank*). Darüber hinaus können unterschiedliche Modellierungsmethoden als allgemeine Hilfsmittel zur Beschreibung von Modellen eingebunden werden (*Methodenbank*).

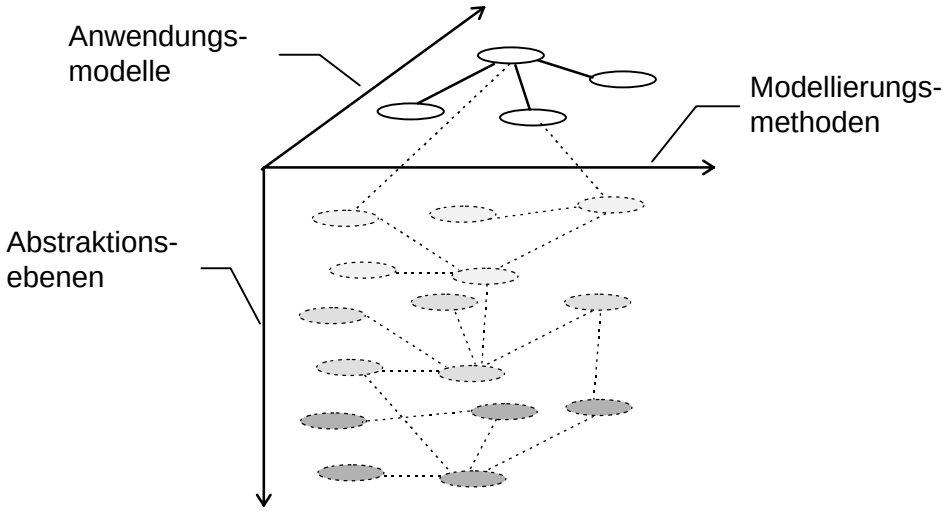


Abb. 1-3: Dimensionen der Integration hypermediabasierter Simulationsmodelle

Modellierung auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen

Wesentliches Merkmal hierbei ist die Detaillierung von Sachsystemen[2] durch Bildung von Modell-Hierarchien (vgl. Zeigler 1990). Ein hierarchisches Konzept beinhaltet, daß Teilmodelle eines zu simulierenden Systems wiederum Modelle sind. Dieser mehrstufige Modellaufbau hat einen komplexitätsreduzierenden Effekt: Bewegt man sich in der Hierarchie abwärts, erhält man detailliertere Informationen über Struktur und Funktion eines Systems, während man durch eine Aufwärtsbewegung ein tieferes Verständnis über die Bedeutung gewinnt (Abb. 1-3).

Aus lernpsychologischer Sicht ist es lernförderlich, komplexe Lerninhalte auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen erschließen zu können. Martin (1986) argumentiert genau in diesem Sinne, wenn er folgendes feststellt: "Es ist nun ein Kennzeichen der konkreten technischen Systeme dieses Bereichs (Mikrocomputertechnik, D. M.), daß sie aufgrund ihrer Komplexität nicht vollständig in einem Schritt erschlossen werden können, sondern daß der Zugang nur stufenweise erfolgen kann. Das bedeutet, daß die Analyse und Beurteilung in mehreren Schritten auf unterschiedlichen Systemebenen zu vollziehen ist. Auf jeder Ebene der Analyse ergibt sich eine Reihe technischer Teilelemente, deren Einzelverhalten (Funktion) und deren Zusammenwirken (Struktur) überschaubar und handhabbar sein muß" (Martin 1986, S. 25).

Modellierung mit Hilfe verschiedener Methoden

Fishwick (1995) hat eine Taxonomie generischer Modellierungsmethoden vorgeschlagen, die in einem hypermediagestützten Framework im Sinne einer Methodenbank implementiert werden können. Er unterscheidet dabei zwischen folgenden Modelltypen: konzeptuellen, deklarativen, funktionalen, beschränkungs-basierten (engl. constraint) und räumlich-basierten (engl. spatial) Konzepten. Der Modellierungsvorgang von der Realität zum physikalischen und weiter zum rechnerbasierten Modell kann so jeweils methodisch nach unterschiedlichen Zugangsweisen kategorisiert werden. Aus didaktischer Sicht sind insbesondere konzeptuelle Modellierungsmethoden interessant, weil sie einen ersten *wenig* formalen Zugang zu Modellen eröffnen: "Conceptual models are 'first cut" descriptions of what we

[2] Zum Begriff des Sachsystems vgl. Ropohl 1979.

know about a process" (Fishwick 1995b, S. 5). Konzeptuelle Modellierungen basieren im Sinne eines 'Soft-System-Designs' auf wenig formalen, verständlichen Modellbeschreibungsmittel, wie z.B. Skizzen, Schemadarstellungen, gegenständlich-stofflichen Modellen. Konzeptuelle Modelle, die das Verstehen technischer Systeme erleichtern sollen, nehmen, wie Dutke (1994, S. 110) betont, auch Bezug auf räumliche Konfigurationen. In diesem Sinne können auch mit Hypermedien technische Systeme auf konzeptueller Ebene im Hinblick auf ihre Funktion und Struktur[3] anschaulich beschrieben werden (vgl. Abb. 1-2). Im nächsten Kapitel werden entsprechende Beispiele aus dem Modellversuch HYSIM dargestellt.

Die Integration verschiedener Simulationsmodelle (Modellbank) und Modellierungsmethoden (Methodenbank) in einem Gesamtsystem basiert auf folgenden strukturellen Gesichtspunkten: (Partial-)Modelle werden in Hyper-Knoten oder -Chunks[4] zusammengefaßt, die untereinander durch Hyperlinks verbunden werden. Dieses Konzept schafft eine Möglichkeit, Gegenstandsbereiche nach thematischen, funktionalen, strukturellen oder hierarchischen Aspekten aufzugliedern und die so entstehenden Bereiche miteinander zu verbinden. Auf diese Weise können semantische Strukturen mit komplexen Querbeziehungen zwischen einzelnen Komplexen aufgebaut werden. Akzeptiert man die Annahme der kognitiven Plausibilität von Hypermedien (Korrespondenzthese), können hierdurch Lernprozesse in besonderer Weise unterstützt werden[5]. In diesem Sinne fungieren hypermediabasierte Simulationsmodelle als *kognitive Werkzeuge* (Forkel 1995), die die Bildung mentaler Modelle (vgl. Dutke 1994) unterstützen. "Eine Grundidee kognitiver Werkzeuge ist es, externe Beschreibungen dieser mentalen Strukturen und Prozesse (der mentalen Modelle, Anm. D.M.) zu benutzen, um Problemlösern einen besseren Zugang zum Problem zu ermöglichen. Die Beschreibung dient als Mittler zwischen einem Problemlöser und seinem Problem, indem sie eine externe Behandlung des Problems

---

[3] Zu den Begriffen Struktur und Funktion von Systemen vgl. Ropohl 1979, S. 54ff.

[4] Der Begriff des *Chunk* wird verwendet, um eine Einheit innerhalb einer Hyperstruktur zu bezeichnen. Auf der einen Ebene verbindet ein Chunk eine gewisse Zahl primitiverer Einheiten. Auf einer anderen Ebene ist es selbst die Basiseinheit einer größeren Struktur.

[5] Zur Korrespondenzthese von Hyperstrukturen vgl. die Ausführungen in Kap. II-2.

ermöglicht, die den unterstellten internen kognitiven Abläufen ähnlich ist" (Forkel 1995, S. 122).

Durch die Möglichkeit, Modelle auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen und mit Hilfe verschiedenen Methoden modellieren zu können, werden unterschiedliche Sichten und Perspektiven auf das Originalsystem berücksichtigt. Dies unterstützt einen erfahrungsorientierten und intuitiven Umgang mit dem Lerngegenstand. Folgende Übersicht (vgl. Tabelle 1-1) zeigt mögliche Handlungsobjekte, Lernaktivitäten und (Software-)Werkzeuge innerhalb einer Mehrebenensimulation.

Ebenen	**Handlungs-objekte**	**Lernaktivitäten**	**Werkzeuge/ Hilfsmittel**
Gesamt-system (1)	im Bezugsfeld 'Mensch-Arbeit-Technik'	Analyse, Bewertung, Gestaltung von Produktionsprozessen u. Arbeitsstrukturen	Fabriksimulatoren, Rollenspiele usw.
Maschinen, Anlagen (2)	Anlagen, Maschinen,	Fertigung, Montage, Konfiguration von Anlagen, Programmierung u. Kontrolle von Prozessen, Diagnose von Fehlerzuständen usw.	Prozeßsimulatoren, Fertigungssimulatoren usw.
Komponenten (3)	Baugruppen, Komponenten	Fertigung, Montage, Konfiguration, Reparatur, Programmierung von Komponenten, Baugruppen usw.	Montagesimulatoren, Kinematiksimulatoren usw.
Elemente (4)	Bauelemente, Einzelteile,	Montage, Konfiguration, Reparatur von Bauelementen usw.	Modellbildungssysteme usw.
Prinzipien (5)	Naturwissen. Phänomene, Wirkprinzipien	Technische, naturwiss. Experimente usw.	Modellbildungssysteme usw.

Tabelle 1-1: Mehrebenensimulation

1.3. Beispiele hypermediagestützter Mehrebenen-simulation

In Kapitel VI dieses Berichts werden hypermediale Simulationssysteme, die im Modellversuch HYSIM entstanden sind, beschrieben und evaluiert. Exemplarisch sollen aus dieser Palette zwei Projekte herausgegriffen werden, an denen sich Elemente hypermediagestützter Mehrebenensimulation sehr plastisch zeigen lassen. Es handelt sich zum einen um die Lern- und Simulationssoftware "Selbsthalteschaltungen in der Elektropneumatik" (vgl. Schäfer, Kap. VI-4), zum anderen um das Hypermediasystem "Serielle Schnittstelle" (vgl. Eblinger / Tussinger, Kap VI-2).

1.3.1. Simulationssoftware "Selbsthalteschaltungen in der Elektropneumatik"

Mit dieser hypermediabasierten Simulation können Selbsthalteschaltungen mit Rollentastern bzw. mit Reed-Sensoren in der Elektropneumatik simuliert werden. Im einzelnen bietet das Programm folgende Möglichkeiten: Erklärung der Bauelemente, Aufbau und Simulation der Schaltungen einschließlich Reed-Sensoren. Die einzelnen Elemente der Schaltungen und ihre Funktion lassen sich durch Anklicken mit der Maus erkunden. Kurze Erklärungen des Bauteils und seiner Funktion erscheinen im Kommentarfeld unter den Schaltplänen. Darüber hinaus können verschiedene Schaltvorgänge simuliert werden. Die dynamischen Elemente der Schaltungen werden dabei entsprechend visualisiert, um die funktionalen Zusammenhänge deutlich zu machen[6].

Der Aufbau des Lernprogrammes zeigt deutlich die Strukturierung des Gesamtsystems auf der Basis einer Mehrebenen-Modellhierarchie (vgl. Abb. 1-4). Mit Hilfe entsprechender Hyperlinks kann der Lernende zwischen den verschiedenen Ebenen navigieren. Hierdurch werden die Struktur, wie z.B. das Anordungsgefüge von Arbeits-, Steuer- und Versorgungskomponten sowie die (Teil-)Funktionen, die den Zusammenhang zwischen

---

6 Die in der Abb. 1-4 dargestellte Simulation des ferromagnetischen Verhaltens des Reed-Sensor-Magneten war ursprünglich in dem beschriebenen Simulationspaket von Schäfer nicht enthalten. Die (Teil-)Simulation ist später entstanden (vgl. Müller 1996)

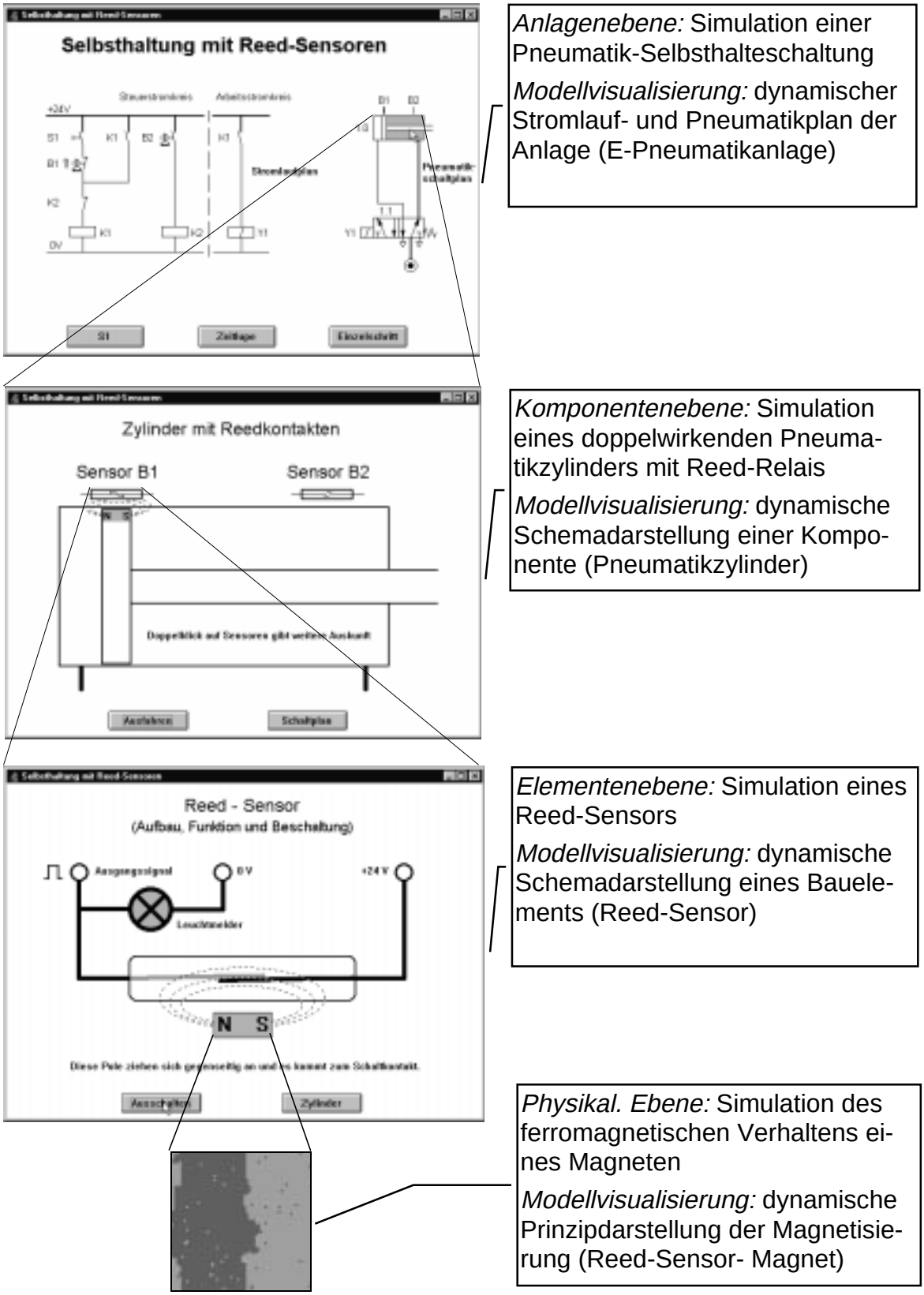


Abb. 1-4: Mehrebenensimulation einer elektropneumatischen Selbsthalteschaltung (vgl. Hinweise im Text)

verschiedenen Ein-, Ausgangs- und Zustandsgrößen beschreiben, auf der jeweiligen Ebene des Teilsystems leichter durchschaubar. Auf jeder Modellierungsebene läßt sich das Verhalten des Systems simulieren. Die Systemzustände und die ablaufenden Prozesse werden jeweils mit Hilfe verschiedener Modellrepräsentationen, wie Schaltplänen, Schemadarstellungen und Prinzipdarstellungen dynamisch visualisiert. Hierdurch kann der Lernende kausale Zusammenhänge direkt – auf einer phänomenologischen Wahrnehmungsebene – erfassen.

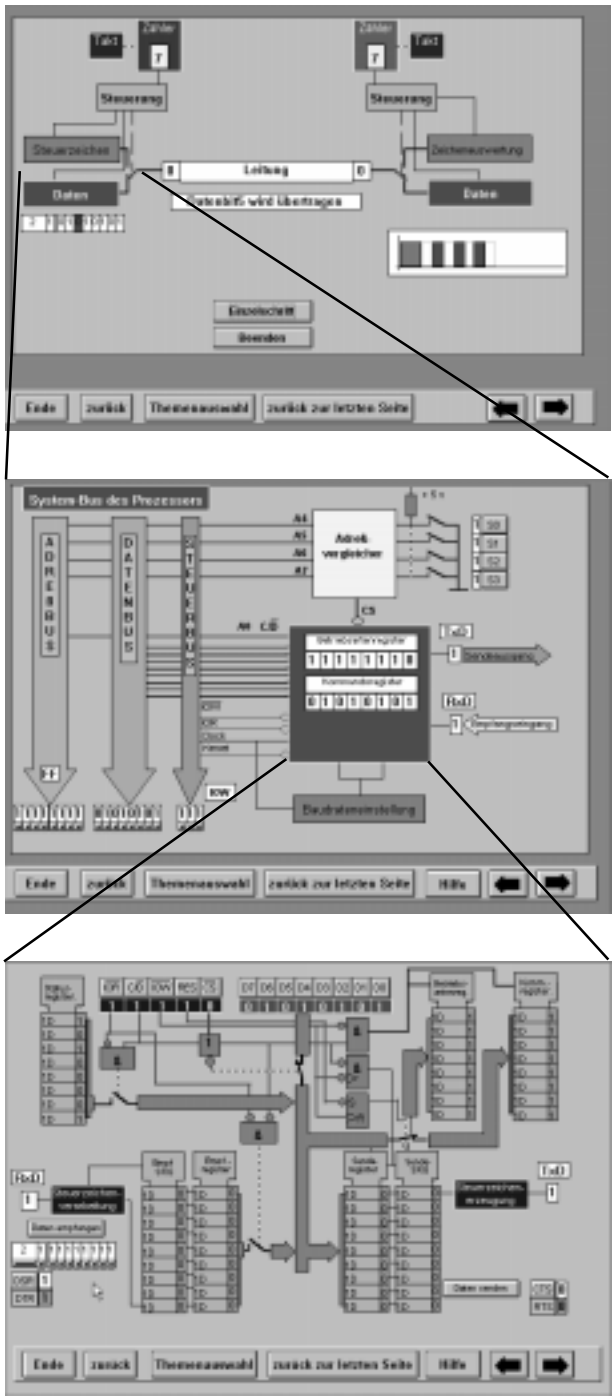
Dutke (1994, S.135ff) betont die lernpsychologische Bedeutung dynamischer Prozeß-Visualisierungen, um interne Prozesse technischer Systeme transparenter zu machen. Er weist darauf hin, daß das Wahrnehmen und Verstehen komplexer Kausalitätsbeziehungen ("Kausalitätswahrnehmung" S. 139) in vielen Fällen auf mentalen Modellen basiert, die mehr oder weniger phänomenologischen Alltagsvorstellungen entspringen. Diese mentalen Modelle sind, so Dutke, bedeutsam für jeden Lern- und Erkenntnisprozeß[7].

1.3.2. Hypermediasystem zum Thema "Serielle Schnittstelle"

Das Hypermediasystem zum Thema "Serielle Schnittstelle" wurde, wie die Autoren betonen, deshalb entwickelt, um die serielle Schnittstelle eines konkreten Mikrocomputersystems so zu modellieren, daß die Visualisierung der im Realsystem verborgen ablaufenden Vorgänge möglich wird. Wie die Abb. 1-5 zeigt, wurden auch hier Elemente einer Mehrebenen-Modellhierarchie realisiert.

---

[7] "Ein psychologischer Forschungsbereich, der vielfältige Anregungen für *die bewegte Darstellung von Prozessen* (Hervorh., D.M.) bietet, ist der in jüngerer Zeit selten zitierte Bereich der 'phänomenalen Kausalität' [...]. Diese Forschungsarbeiten gehen vor allem auf den Gestaltpsychologen Albert Michotte (z.B. 1954) zurück, der in zahlreichen Experimenten untersuchte, welche Randbedingungen für die Wahrnehmung von Kausalität gegeben sein müssen. [...] Wichtig ist an Michottes Argumentation, daß diese kausalen Zusammenhänge nicht etwa kognitiv erschlossen werden, sondern direkt wahrgenommen werden. Dem Eindruck der Kausalität liegt also kein Schlußfolgerungsprozeß und keine kognitive Ursachenzuschreibung zugrunde.[...] Dies steht im Einklang mit den theoretischen Grundlagen mentaler Modelle" (Dutke 1994, S. 138f).



Anlagen-/Prozeßebene: Simulation des Prinzips einer seriellen Datenübertragung

Modellvisualisierung: dynamische Schemadarstellung der Datenübertragung (Protokoll)

Komponentenebene: Simulation der Steuerung des Schnittstellenbausteines

Modellvisualisierung: dynamische Schemadarstellung (Prinzipschaltbild) der Baugruppe

Elementenebene: Simulation des Schnittstellenbausteines 8251

Modellvisualisierung: dynamische Darstellung (Blockschaubildes) des Schnittstellenbausteins

Abb. 1-5: Mehrebenensimulation einer seriellen Schnittstelle (vgl. Hinweise im Text)

1.4. Ausblick

Ohne unsere Ergebnisse aus dem Modellversuch HYSIM vorwegnehmen zu wollen, läßt sich hier schon feststellen, daß die durchgeführten Software-Studien (vgl. Kap. IV) und Unterrichtsvorhaben (vgl. Kap. VI) gezeigt haben, daß das Konzept der *Mehrebenensimulation* eine wichtige Weiterentwicklung innerhalb der Simulationstechnik darstellt – allerdings nicht nur aus einer informationstechnischen, sondern insbesondere auch aus einer didaktischen Perspektive. Das didaktische Potential eines solchen Konzeptes ist bisher praktisch nicht erforscht worden. Die folgenden Kapitel illustrieren auf unterschiedliche Weise und aus unterschiedlichen Blickwickeln den Versuch, ein solches Konzept didaktisch weiter auszuformen, softwaretechnisch zu realisieren und an Unterrichtsbeispielen zu evaluieren.

1.5. Literatur

Bader, R. (1991): Entwicklung beruflicher Handlungskompetenz durch Verstehen und Gestalten von Systemen. Ein Beitrag zum systemtheoretischen Ansatz in der Technikdidaktik. In: Die Berufsbildende Schule. 43. Jahrg. (1991) Heft 7/8. S. 441- 458

Barker, P.G. / Manji, K. A.(1991): Designing Electronic Books. In: Educational and Training Technology International 4 28(1991) pp. 273-280

Bertuch, M. (1991): Des PC neue Wirklichkeiten. Multimedia zwischen Anspruch und Kommerz. In: c't 1991, Heft 10, S. 40 ff.

Blinn, J. (1987): The Mechanical Universe. Jet Propulsion Laboratory. SIGGRAPH Video Review Issue 25. ACM SIGGRAPH Publication "Computer Graphics", 1987.

Bruns, F. W. (1990): Die Simulation als Qualifikationsmittel; In: 3. Sachbericht - Modellversuch "Roboter als CIM-Komponenten in der beruflichen Bildung", Bremen 1990, S.157 ff.

Bruns, F.W. / Müller, D.(1993): Simulation und Berufliche Bildung. In: 1. Zwischenbericht zum Modellversuch "Hypermediagestützte Simulationssysteme für berufliche Schulen". Bremen. S. 35

Diehl, R. (1988): Der sanfte Crash. Kollisionsprüfung in einem Volumenmodellierer. In: CAE-Journal 4/88.

Dutke, S. (1994): Mentale Modelle. Konstrukte des Wissens und Verstehens. Göttingen.

Eversheim, W. / Thome, H.G. (1988): GISA (Graphisch Interaktive Simulation und Animation) Simulation in der Werkstatt. In: CIM-Management 2/88.

Fishwick P. A. (1995b): A Taxonomy für Simulation Modeling based on a Computational Framework.. Report tr95-019. Dept. of Computer & Information Science and Engineering. University of Florida. Gainesville, August 11, 1995

Fishwick, P. A. (1995): Simulation Model Design and Execution: Building Digital Worlds. Englewood Cliffs, New Jersey

Forkel, M. (1995): Kognitive Werkzeuge - ein Ansatz zur Unterstützung des Problemlösens, München; Wien. 1995. Zugl. Diss. TU Berlin 1994

Issing, L. / Klimsa, P.(1995): Information und Lernen mit Multimedia, Weinheim

Jonassen, D.H. / Wang, S. (1994): The Physics Tutor: Integrating Hypertext and Expert Systems, In: Journal of Educational Technology Systems 1 22 (1994) pp19-28

Keller, Hartmut; Stolz, Horst; Ziegler, Andreas: Virtual Mechanics : Simulation and Animation of Rigid Body Systems. Universität Stuttgart, Fakultät Informatik, Fakultätsbericht Nr. 1993/08. 38 Seiten, englisch CR-Klassifikation: I.6.8 (Types of Simulation)

Lipsmeier, A. (1993): Individualisierung von Lernprozessen im Kontext multimedialen Lernens in der beruflichen Aus- und Weiterbildung. In: Bundesinstitut für Berufsbildung (Hrsg.): Multimediales Lernen in neuen Qualifizierungsstrategien. Nürnberg. S. 179-187.

Lipsmeier, A. (1996): Die neuere fachdidaktisch-methodische Diskussion in der Berufspädagogik und ihre Implikationen für multimediale Lernarrangements. In: Zimmer, G. / Holz, H. (Hrsg) (1996). S. 57-77.

Martin, W. (1986): Mikrocomputer – ein Gegenstand beruflicher Bildung. In: Martin, W.; Rauner, F. (Hrsg.): Mikroelektronik in der Berufsbildungpraxis. Wetzlar. S. 18-35

Müller, D. (1987): "CNCSim" - Grafisch - interaktiver CNC - Simulator. Bremen. Handbuch zum CNC-Simulator 'CNCSim'

Müller, D. (1990): "Karel der Roboter" - Eine interaktive Programmier- und Simulationsumgebung. Bremen. Benutzerhandbuch.

Müller, D. (1991): Programmier- und Simulationssystem "EasyRob". In: Abschlußbericht zum Modellversuch "Roboter als CIM-Komponenten in der beruflichen Bildung". Bremen. S. 97-109.

Müller, D. (1996): Zelluläre Automaten. Implementierung des Ising-Modells (Materialien zur Lehrveranstaltung).

Ropohl, G. (1979): Eine Systemtheorie der Technik. München, Wien

Strittmatter. P. / Mauel, D. (1995): Einzelmedium, Medienverbund und Multimedia. In: In: Issing, L. /Klimsa, P.(1995). S. 47-61

Witt, R. (1992): Strukturelle Differenzierung und thematische Verbindung von rechtlichen und betriebswirtschaftlichen Lehrstoffen in kaufmännischen Schulen. In: Achtenhagen /John (Hrsg.): Mehrdimensionale Lehr-Lernarrangements. Innovationen in der kaufmännischen Aus- und Weiterbildung. Wiesbaden. S. 305-326.

Zeigler, B. (1990): Object Oriented Simulation with Hierarchical, Modular Models. Intelligent Agents and Endomorphic Systems. Boston u.a.

III. Evaluationskonzept

Dieter Müller

1. Evaluationskonzept im Modellversuch HYSIM

Das vorliegende Evaluationskonzept, stützt sich unter anderem auf Ansätze, die in einem anderen Modellversuch[1] im Bereich der beruflichen Bildung entwickelt wurden (vgl. Fischer/Lehrl 1989). In diesem Modellversuch ging es um die Entwicklung einer anwendungsorientierten Berufsbildungskonzeption, die dem Ansatz des handlungsorientierten Lernens folgt. Eine Besonderheit im Modellversuch HYSIM besteht gegenüber dem erwähnten Projekt allerdings darin, daß in diesem Vorhaben neben der Berücksichtigung berufspädagogischer Aspekte stärker auch andere Forschungsfelder bei der Evaluation einbezogen werden müssen (vgl. Kap. I-2). Entsprechend der zu untersuchenden Problemfelder gilt es insbesondere, die Erfahrungen aus der *Entwicklung* und dem *Einsatz* hypermediabasierter Lernprogramme im Unterricht in die Evaluation angemessen einfließen zu lassen. Dies erfordert die Berücksichtigung entsprechender Konzepte, die traditionell von der Informatik und dort insbesondere von der *Softwaretechnik* und der *Software-Ergonomie* erforscht werden.

1.1. Grundsätzliche Überlegungen zu unterschiedlichen Evaluationskonzepten

Evaluation kann definiert werden als die Beschreibung und Bewertung von – in diesem Fall pädagogischen – Vorhaben mit dem Ziel der Sammlung, Verbreitung und Interpretation von Materialien und Daten. In der angloamerikanischen Literatur, aus der der Evaluationsbegriff in die internationale erziehungswissenschaftliche Diskussion gelangt ist, wird eine zentrale Rolle der Evaluation darin gesehen, Informationen zu gewinnen, die zur Begründung von bildungsbezogenen Entscheidungen dienen können.

Evaluation beinhaltet im wesentlichen eine systematische Interpretation der gesammelten Daten, wobei davon ausgegangen wird, daß diese Daten

---

[1] Es handelt sich hier um den BLK-Modellversuch: Roboter als CIM-Komponenten in der beruflichen Bildung (Förderkennzeichen K 0818.00)

als Indikatoren für den Erfolg oder Mißerfolg eines pädagogischen Vorhabens angesehen werden können. Der Evaluationsprozeß soll es darüber hinaus zugleich ermöglichen, ein Werturteil über die Ziele eines Vorhabens selbst zu fällen, mit der Intention, die pädagogische Praxis zu verbessern. Bezogen auf die Praxis schulischer Modellversuche dient eine Evaluation grundsätzlich drei Zwecken (vgl. Fischer/Lehrl 1989):

- einer rational begründeten Planung und Weiterentwicklung eines Projektes, damit verbunden sind bewußte Lernprozesse für die beteiligten Handlungsträger (Lehrer, Schüler, wissenschaftliche Begleitung);
- der Außendarstellung gegenüber einer interessierten Öffentlichkeit;
- dem Transfer der gewonnen Ergebnisse und Erkenntnisse an Kolleginnen und Kollegen in anderen Schulen und in der Wissenschaft.

Die Notwendigkeit einer Evaluation wird im allgemeinen nicht in Zweifel gezogen, insbesondere wenn es sich bei den zu evaluierenden Projekten um neuartige und innovative Vorhaben handelt, die mit öffentlichen Mitteln gefördert werden und die Übertragbarkeit beanspruchen. Gleichwohl geht mit der Forderung nach Evaluation von Projekten regelmäßig das Problem einher, Modelle und Konzepte zu finden, mit denen eine Evaluation sinnvoll und zweckmäßig ist. Die Anzahl divergierender Evaluationsmodelle, die inzwischen veröffentlicht und von Wissenschaftlern empfohlen worden sind, ist kaum noch zu überblicken. Das Spektrum reicht von Konzepten, die auf einen je einzelnen und eingeschränkten Anwendungsbereich hin konzipiert worden sind und deshalb kaum übertragbar sind, bis hin zu Ansätzen, die sehr allgemein ausgelegt und auf fast alle pädagogische Bereiche übertragbar sind – allerdings spezifische Faktoren zu untersuchender Sachverhalte nicht erfassen.

Es kann in diesem Zusammenhang keine Darstellung der vielfältigen Evaluationsmodelle vorgenommen werden (vgl. hierzu z.B. die Ansätze von Wulf 1972, 1975, Neul 1977, Prell 1984, Scrivens 1980). Allerdings soll jedoch auf ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal von Evaluationsformen in diesem Zusammenhang eingegangen werden, weil dies für den Modellversuch HYSIM bedeutsam ist. Gemeint ist hier die Differenzierung zwischen summativer und formativer Evaluation.

Die *summative* Evaluation bezieht sich schwerpunktmäßig auf eine abschließende Beschreibung und Bewertung der letztendlichen Ergebnisse, die in pädagogischen Vorhaben erzielt worden sind. Daten aus den durchgeführten Projekten werden anhand von in der Regel standardisierten Verfahren erhoben und bilden die Basis einer Bewertung. Die formative Evaluation dagegen stellt Information für noch in Vorbereitung befindliche oder laufende Vorhaben bereit, die verbessert werden sollen. Bei ihr handelt es sich um ein prozeßbegleitendes Verfahren.

Die summative Evaluation ist häufig das gängige Verfahren, das von der Öffentlichkeit und den Institutionen verlangt wird, die entsprechende Innovationsprojekte fördern. Mit einer ausschließlichen Verwendung summativer Evaluationsverfahren sind allerdings Problematiken verbunden, von denen im folgenden nur einige genannt werden sollen (vgl. Fischer 1991, S. 266ff):

Die standardisierten Verfahren der summativen Evaluation sind in denjenigen Fällen problematisch, in denen sie vorgeben, die Herausbildung beruflicher Handlungskompetenz der Lernenden (auch der Lehrenden) erfassen zu wollen. Lernfortschritte innerhalb eines innovativen Projektes sind nicht gleichzusetzen mit einer kognitiven Anhäufung von standardisierten Wissenselementen; und berufliche Handlungskompetenzen können nicht auf die Fähigkeiten zur Reproduktion solcher Wissenselemente in berufsuntypischen, weil künstlichen Lernsituationen reduziert werden. Summative Evaluationsverfahren können unter Umständen dann sinnvoll sein, wenn es tatsächlich nur um die Erfassung operationalisierter und meßbarer Daten geht und der begrenzte Stellenwert dieser Informationen ausdrücklich ausgewiesen wird.

Da im Rahmen summativer Evaluation das Erreichen von Zielen bewertet wird, die im vorhinein feststehen, werden Lernprozesse der Beteiligten während eines Projektes, beispielsweise die Frage, *wie* bestimmte Lernergebnisse erzielt werden, praktisch nicht erfaßt. Darüber hinaus werden sinnvolle Zielverschiebungen innerhalb eines Vorhabens nicht reflektiert oder sogar als Mißerfolg interpretiert. Weiterhin ist auch bei gegebenen Zielen nicht nur das Ergebnis allein, sondern auch der Prozeß, durch den ein Ziel erreicht wird, äußerst aufschlußreich. Das Erreichen von bestimm-

ten Zielsetzungen kann beispielsweise relativ zufällig oder auch durch eine bewußte Bewertung verschiedener Lösungsalternativen erfolgt sein.

Die Probleme, die im Zusammenhang mit der summativen Evaluation angerissen worden sind, machen deutlich, daß summative Verfahren in denjenigen Fällen nicht ausreichen, in denen unmittelbar innovative *Prozesse* und nicht nur deren Ergebnisse im Kontext beruflicher Bildung erfaßt und beurteilt werden sollen. Die in Zusammenhang mit der summativen Evaluation genannten Probleme werden insbesondere bei Vorhaben deutlich, in denen ein sehr innovatives und damit weitgehend unbekanntes Terrain betreten wird, wie es auch bei dem Modellversuch HYSIM der Fall ist: es konnte nicht von expliziten Zielstrukturen ausgegangen werden, die bereits im Vorfeld sicher bestimmt werden konnten. Insofern hat sich in der Projektgruppe schon sehr frühzeitig die Einsicht durchgesetzt, daß die Methoden summativer Evaluation für die wissenschaftliche Begleitung dieses Projektes nicht ausreichend sind.

Die *formative* Evaluation wird auch als Prozeßevaluation bezeichnet. Bei dieser Evaluationsform arbeitet die wissenschaftliche Begleitung im Projekt nicht nur beobachtend, sondern auch unterstützend und in vielen Fällen auch eingreifend mit – im Sinne des *Action-Research* (vgl. Kap. I-2). Formative Evaluation findet deshalb kontinuierlich prozeßbegleitend während eines gesamten Projektes statt und dient in erster Linie dazu, den am Evaluationsprozeß Beteiligten Informationen über etwaige Probleme zu geben. Damit wird die formative Evaluation auch ein Hilfsmittel zur Selbstreflexion, die für den Erfolg eines innovativen und mit vielen Unwägbarkeiten verbundenen Projektes besonders bedeutsam ist. Eine kritische Selbstreflexion bietet Ansatzpunktpunkte für punktuelle Korrekturen und Verbesserungen während des Untersuchungszeitraumes. Neben den beteiligten Lehrern und Wissenschaftlern sind auch die Schüler Adressaten einer so verstandenen Evaluation, indem ihnen die Ergebnisse der Beschreibung und Bewertung ihrer Lernprozesse mitgeteilt wird und so versucht werden kann, sie ebenfalls zu einer kritischen Selbstreflexion zu führen.

Die formative Evaluation beinhaltet darüber hinaus die Aufgabe, gemeinsam mit der Projektgruppe zu präzisieren, welche Informationen Relevanz besitzen und wie diese Informationen allen Beteiligten angemessen zu-

gänglich gemacht werden können. Dabei sind folgende Kriterien zu berücksichtigen:

- die im Rahmen der Projektevaluation erhobenen Daten sollten vorrangig allen am Projekt Beteiligten von Nutzen sein;
- die Beschreibung und Bewertung von Informationen sollte gleichzeitig den Projektmitarbeiterinnen und -mitarbeitern neue Lernmöglichkeiten eröffnen;
- evaluationsrelevante Informationen sollten sowohl unmittelbar in der Erhebungssitutation als auch langfristig für zukünftige Aktivitäten verwertbar sein.

Wie zum Anfang dieses Kapitels dargestellt, dient eine Evaluation immer auch der Außendarstellung und der Rechtfertigung eines Vorhabens gegenüber externen Stellen. Die dargestellten Merkmale einer prozeßbegleitenden, formativen Evaluation machen aber auch deutlich, daß mit einem solchen von uns favorisierten Konzept auch immer Elemente einer Selbstevaluation verbunden sind. Diese kann und soll es allen Projektmitarbeiterinnen und -mitarbeitern erleichtern, eigenes Tun zu diskutieren, zu bewerten, gegebenenfalls in Frage zu stellen und die gewonnenen Erkenntnisse zu transferieren.

1.2. Funktion und Organisation der Evaluation

Die Evaluation im Modell HYSIM wird von allen Beteiligten getragen:

- den Lehrkräften, die Lernsoftware bzw. Unterrichtsvorhaben entwikkeln und erproben;
- den Lernenden, die mit neuartigen Lernmedien konfrontiert werden;
- der wissenschaftlichen Begleitung, die Informationen zum neuesten Stand der Forschung einbringt sowie neue Konzepte rezipiert, reflektiert und mithilft, diese unterrichtsbezogen umzusetzen und zu erproben.

Wegen der unterschiedlichen Arbeitsaufgaben und -interessen der Beteiligten schien eine gewisse Arbeitsteilung angemessen. Dabei wurde in der Anfangsphase des Projektes HYSIM festgelegt, wer welche Bereiche bzw.

Informationskomplexe bearbeitet, d.h. protokolliert bzw. erhebt und auswertet (vgl. Kap. I).

Die Funktion des in diesem Vorhaben entwickelten Evaluationsmodells als prozeßbegleitendes und -unterstützendes Konzept liegt nicht nur in der Bewertung der entwickelten Softwaremodule, Materialien und Unterrichtsvorhaben, sondern auch im Moment der Innovation für die schulische und die forschungsbezogene Praxis. Vor diesem Hintergrund wird also nicht nur die schulische Praxis einer gemeinsamen Bewertung unterworfen. Ebenso ist auch die wissenschaftliche Begleitung Adressat einer so verstandenen Evaluation. Gemäß diesem Anliegen bestand ein wesentliches Konzeptmerkmal der Evaluation im Modellversuch HYSIM darin, die organisatorischen Rahmenbedingungen so zu gestalten, daß Kommunikations-, Informations- und Reflexionsprozesse unter den Projektmitarbeitern erleichtert werden. Zur Unterstützung dieses Prozesses wurden deshalb kontinuierliche Fortbildungen organisiert und durchgeführt. Um die Kooperation und den Informationsaustausch zu verbessern, fanden darüber hinaus regelmäßige Projekttreffen und mehrtägige Wochenendworkshops bzw. Seminare statt. Hierdurch war es möglich, prozeßbegleitend konkrete Arbeitsschritte zu planen, zu beraten und gegebenfalls der jeweiligen Situation angemessen anzupassen.

1.3. Zur Problematik der Evaluation von Lernsoftware

Im Rahmen des hier dargestellten Evaluationskonzeptes erscheinen uns einige prinzipielle Anmerkungen zur Problematik der Evaluation von Lernsoftware notwendig, da ein wesentlicher Untersuchungsbereich im Modellversuch HYSIM darin besteht, die im Rahmen des Modellversuches HYSIM entwickelten und eingesetzten Lernsoftware-Produkte einer pädagogischen Bewertung zu unterziehen. Im Zuge einer solchen Evaluation ergibt sich die Notwendigkeit zur Identifizierung und Entwicklung von Bewertungskriterien zur Ermittlung von Güte und Eignung hypermediagestützter Simulationssoftware. Darüber hinaus muß die Vorgehensweise zur Durchführung der Bewertung bestimmt werden. Bevor wir das methodische Vorgehen im Modellversuch HYSIM im einzelnen darstellen, sollen zunächst gängige Verfahren der Evaluation von Lernsoftware diskutiert

und anschließend unsere Sichtweise von Lernsoftware-Evaluation beschrieben werden.

Kriterienkataloge und standardisierte Fragebögen

Unter den vielen Bewertungsverfahren sind im Umfeld des rechnergestützten Lernens insbesondere Kriterienkataloge in Form von *Prüf- und Checklisten* verbreitet[2]. In der Regel schätzen Landes-Medienstellen, Lehrerfortbildungsinstitute, Bildungsministerien und sonstige pädagogische Beratungsstellen Kriterienkataloge als ein leicht und schnell handhabbares Mittel, um pädagogisch ungeeignete von pädagogisch geeigneter Lernsoftware unterscheiden zu können. Darüber hinaus finden Kriterienkataloge auch als Orientierungshilfe bei Lehrkräften, die in ihrem Unterricht Lernsoftware einsetzen möchten, Zustimmung. Baumgartner (1995) führt die Beliebtheit von Kriterienkatalogen auf folgende Gründe zurück:

- "*Billig:* Das Verfahren ist kostengünstig. Es genügt eine fachkundige Person, eine Programmkopie und eine Hardwareausstattung, auf der die Software mit all ihren Attributen (Grafik, Farbe, Ton etc.) lauffähig ist.
- *Einfache Organisation:* Durch die Trennung der Lernsoftware von ihrem realen Einsatzgebiet (dem Lehrgeschehen) kann die Bewertung durch zentrale, speziell dafür geschaffene Organisationen erfolgen.
- *Vordergründig methodisch sauber*: Durch die schrittweise, immer gleiche Abarbeitung umfangreicher Kriterienlisten erscheint das Verfahren objektiv methodisch sauber" (S. 241f, Hervorh. D.M.).

Sicherlich hat die Bewertung von Lernsoftware mittels Kriterienkatalogen ihre Bedeutung, dennoch ist ihre Reichweite im Hinblick auf das, was sie oft zu leisten versprechen, eingeschränkt und, wie Baumgartner oben andeutet, methodisch nur vordergründig objektiv. Ähnliche Bedenken äußert Biermann (1994): "Mit den Kriterienkatalogen werden meist keine eingehenden theoretischen Begründungen für Qualitätsstandards und auch keine empirischen Forschungsergebnisse mitgeliefert, die der Konstruktion des Bewertungsinstruments zugrunde lagen" (S. 132). Darüber hinaus, so

---

[2] Einen Überblick über vorhandene Kriterienkataloge (z.B. *IPN-Beurteilungsbogen*, *SODIS*, Große Prüfliste von Thomé) gibt Biermann (1994).

Biermann, seien Kriterienkataloge meist fach- und schulartunspezifisch angelegt und berücksichtigten keine spezifischen Einsatzgebiete und Programmarten (S. 133). Wir teilen im Wesentlichen diese Einschätzung und meinen, daß vorhandene Kriterienkataloge zwar nicht überflüssig, aber für den Versuch einer wissenschaftlichen Evaluation von Software nur eingeschränkt, im Sinne einer ersten Orientierung, eingesetzt werden sollten.

Schriftliche Befragungen auf der Grundlage *standardisierter und strukturierter Fragebögen* sind in wissenschaftlichen Untersuchungen zur Evaluation von Lernsoftware ebenfalls beliebt (vgl. z.B. Wagner 1994, S. 126ff). Im Vergleich zu anderen Formen der Informationsgewinnung (mündliche Befragungen, Interviews usw.) sind diese weniger kostenintensiv und leichter handhabbar. Je nach methodischem Vorgehen werden dabei häufig die Lehrenden, manchmal auch die Lernenden in die Befragung einbezogen. Die Bereitschaft zur adäquaten Beantwortung der Fragen wie auch die Zuverlässigkeit und Güte der gesamten Befragung sind entscheidend davon abhängig, inwieweit es gelingt, den jeweiligen Fragegegenstand verständlich zu machen, das Ausfüllen des Fragebogens leicht handhabbar zu gestalten sowie die Teilnehmenden, also Lehrer und/oder Schüler, zu verwertbaren und qualitiven Aussagen zu motivieren.

Evaluationen mittels standardisierter Fragebögen besitzen, neben den genannten Vorzügen, zweifellos auch den Vorteil, daß die Teilnehmer anonym bleiben und entsprechend unbefangen ihre Einschätzung über den Gegenstand abgeben können. Wie man vermuten kann, ist die Aussagekraft von Ergebnissen, die mittels Fragebögen gewonnen werden, allerdings begrenzt. Wie Freibichler /Carstensen bemerken, geben Fragebögen möglicherweise Aufschluß über die Akzeptanz eines Lernprogramms seitens der Lernenden bzw. Lehrenden, sagen aber wenig über die Qualität des Lernprogramms aus. Darüber hinaus "[...] spielen hier auch Versuchseffekte eine Rolle, wie die Neuheit des Mediums, die Besonderheit der Versuchssituation und die besondere Rolle einer Versuchsperson" (Freibichler /Carstensen 1996, S. 89).

Vergleichsevaluation

Ebenfalls verbreitet – vor allem in den USA – sind Vergleichsgruppen-Untersuchungen, in denen beispielsweise traditioneller Lehrerunterricht versus Lernen mit Unterrichtssoftware untersucht wird. In der Regel basie-

ren diese Untersuchungen auf einer Lernerfolgsmessung der beteiligten Lerngruppen, indem einzelne Gruppen mit einem herkömmlichen und andere Vergleichsgruppen mit entsprechenden rechnergestützten Lernmedien unterrichtet werden. Mit Hilfe von sog. Vor- und Nachtest versucht man dabei jeweils den Lerngewinn einzelner Gruppen statistisch zu erfassen. Baumgartner kritisiert die üblichen Verfahren der Vergleichsevaluation und rät aus methodischen Gründen davon ab, "da selbst bei hoher Vergleichbarkeit der beiden Gruppen in allen wichtigen Variablen wie Alter, Geschlecht, Vorkenntnissen usw. die beiden vergleichenden Lernsituationen durch viele situative Zufälligkeiten verfälscht werden können" (Baumgartner S. 243). Ähnlich argumentieren Freibichler/Carstensen (1996) und kommen zu dem Ergebnis, "daß Vergleichsuntersuchungen zwischen herkömmlichen und neuen Medien [..] methodisch mehr als fragwürdig sind" (S. 89).

Darüber hinaus ist die reine summative Betrachtung des Lernzuwachses – wie in Vergleichsevaluationen üblich – im Zusammenhang mit der Evaluation von Simulationen nicht ausreichend. Wie wir an anderer Stelle (Kap. II-1) gezeigt haben, werden Lernsimulatoren wesentlich unter dem Gesichtspunkt des entdeckenden Lernens und Problemlösens für Lernprozesse eingesetzt. Die Evaluation von Simulationen muß sich konsequenterweise auch auf diese Dimensionen beziehen, das ist aber, wie Schulmeister resumiert, durchweg nicht der Fall: "Die meisten Evaluationsstudien betrachten schlicht den Lernzuwachs" und nicht, auf welchem Wege bestimmte Lernergebnisse erzielt werden (Schulmeister 1996, S. 361).

Evaluation der Interaktion

Gegenstand von Evaluationen ist oft auch die Analyse und Bewertung der Interaktionsformen zwischen Lernenden und den in Lernprozessen eingesetzten Rechnersystemen. Zweifellos ist es notwendig, die Benutzung eines Lernsystems aus technischer Sicht zu überprüfen (Fehlerfreiheit, Benutzerfreundlichkeit usw.), hierzu gibt es zahlreiche Methoden aus dem Gebiet der Softwareergonomie (vgl. z.B. Stary 1994, S. 307ff, Eberleh et al. 1994, S. 335). Technisch lassen sich beispielsweise die Dialogeingaben eines Lernenden weitgehend erfassen, so daß eine Fülle von Daten geliefert wird, die jedoch im allgemeinen nur wenig über die abgelaufenen Denk- und Lernprozesse aussagen.

Es zeigt sich, daß herkömmliche Bewertungsverfahren unterschiedliche Stärken und Schwächen aufweisen. Dementsprechend ist keines der angeführten Verfahren ideal, kann keinem der vorgestellten Evaluationsinstrumente der unbedingte Vorzug gegeben werden. Insbesondere zeigen standardisierte Verfahren ihre Schwächen, weil sie den besonderen situativen Bedingungen von Unterricht nur sehr eingeschränkt gerecht werden können. Auch ist isolierte Evaluation der einzelnen Interaktion zwischen Lernenden und Rechner konzeptionell und methodisch nicht ausreichend. Angesichts dieser Situation kommen einige Autoren sogar zu dem Urteil, daß Software-Evaluation mehr oder weniger auf "Null-Hypothesen" (vgl. Schulmeister 1996, S. 365) basiert. Eine extreme Position nimmt beispielsweise Negroponte ein, der Evaluation grundsätzlich ablehnt: "I have little respect for testing and evaluation in interface research. My argument, perhaps arrogant, is that if you have to test something carefully to see the difference it makes, then it is not making enough of a difference in the first place" (Negroponte 1995, S. 99). Sicherlich ist dies eine Position, die wir nicht in der Weise teilen. Allerdings sind auch wir uns der Begrenztheit von Software-Evaluationen bewußt, halten diese aber unter bestimmten Voraussetzungen sinnvoll und gewinnbringend.

Vor dem Hintergrund der im Kap. II-1/-2 dargestellten lernpsychologischen und didaktisch-methodischen Aspekte zum Lernen mit hypermedialen Simulationen und den oben skizzierten Problematiken der Evaluation von Software wurde im Modellversuch HYSIM folgendermaßen vorgegangen:

- Die Erfahrungen und Einschätzungen aus der Entwicklung und dem unterrichtsbezogenen Einsatz der einzelnen in den Fallstudien erprobten Softwaresysteme basieren im wesentlichen auf schriftlich fixierten umfassenden Dokumentationen der Beteiligten (vgl. hierzu z.B. die Erfahrungsberichte in Kap. VI).
- Als eine Orientierungshilfe für die Dokumentation und Bewertung der einzelnen Fallstudien wurde ein 'offener' Bewertungsrahmen verwendet, der im Zuge intensiver Diskussionen aller Beteiligten gewonnen wurde (vgl. Abb. 1-1). Dieser Rahmen enthält eine genauere Beschreibung spezifischer Evalutionsfelder und Evaluationskriterien.

Ein grundlegender Unterschied zu gängigen Evaluationmethoden besteht im Modellversuch HYSIM also darin, daß es innerhalb der Projektgruppe HYSIM möglich war, sich über allgemeine Evaluationskriterien innerhalb spezifischer Evalutionsfelder zu verständigen. Wir gehen davon aus, daß solche *konsensuelle* Verfahren, in denen Schulpraktiker und Wissenschaftler gleichberechtigt beteiligt sind, am ehesten geeignet sind, komplexe Fragen der Evaluation unter spezifischen Fragestellungen zu bearbeiten. Wenn allerdings konsensuelle Verfahren z.B. aus Zeitmangel oder wegen des personellen Aufwands aufgegeben werden müssen, reduziert sich die Evaluation zwangsläufig auf standardisierte Methoden, die dann mit den erwähnten Einschränkungen einhergehen müssen.

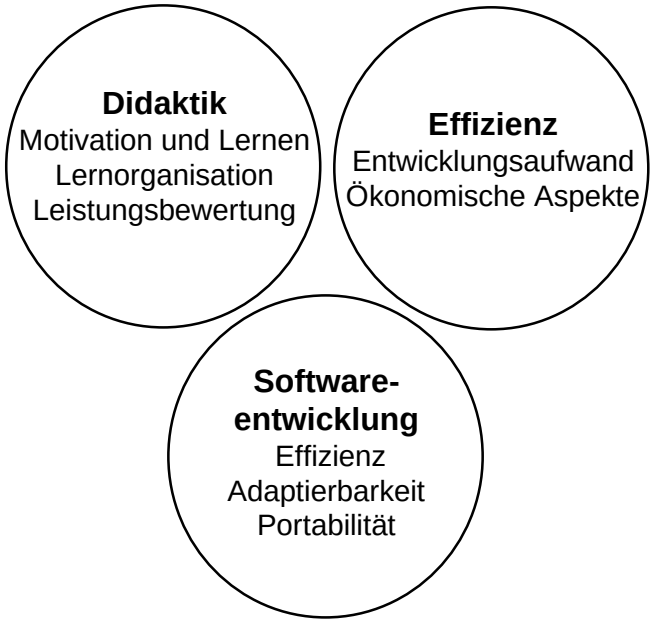


Abb. 1-1: Dimensionen der Software-Evaluation

1.4. Evaluationsfelder im Modellversuch

Gemäß den genannten Zielsetzungen des hier formulierten Evaluationskonzeptes erfolgte im Modellversuch HYSIM zunächst ein Festlegung von *sechs* verschiedenen Evaluationsfeldern. Im Verlauf des Projektes wurden folgende Informationskomplexe – den verschiedenen Felder entsprechend – erhoben, dokumentiert und einer Bewertung unterzogen:

1. der aktuelle Projektverlauf unter Berücksichtigung der gesetzten Zielsetzungen,

2. die durchgeführten Lehreraus- und Lehrerfortbildungen sowie die im Rahmen des Projekts veranstalteten Workshops und Seminare,
3. die im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung entstandenen prototypischen Softwareentwicklungen und durchgeführten Studien zur Softwarenutzung,
4. die durchgeführten Unterrichtsvorhaben, in denen hypermediabasierte Lernumgebungen eingesetzt und erprobt wurden
5. die von den Lehrkräften entwickelten hypermediabasierten Lernsysteme einschließlich der begleitenden Unterrichtsmaterialien und
6. die Zusammenfassung, Darstellung und Verbreitung der Ergebnisse.

Insgesamt können diese Informationskomplexe folgenden *drei* Bereichen zugeordnet werden:

1. Didaktische Aspekte: Einschätzung der pädagogischen Wirksamkeit hypermedialer Simulationssysteme aufgrund der eigenen Unterrichtserfahrungen und der Rückmeldungen der Schüler (Motivation und Lernen, Handlungsaspekte und Lernorganisation, Leistungsbewertung).
2. Softwareentwicklung: Erfahrungen aus der Eigenentwicklung von hypermediabasierten Lernprogrammen (Prototypenentwicklung, Übersichtlichkeit, Adaptierbarkeit, Portabilität).
3. Aufwandsanalyse: Analyse und Einschätzung des Aufwands und der Effizienz (Entwicklungsaufwand, Ökonomische Aspekte).

Gemeinsames Merkmal fast aller dieser Komplexe ist, daß zu Beginn des Modellversuches die jeweilige Ausgangssituation dokumentiert wurde und später die Veränderungen im Verlaufe des Vorhabens festgehalten wurden. Im folgenden erfolgt eine kurze Bilanzierung dieser sechs Evaluationsfelder:

1. Aktueller Projektverlauf unter Berücksichtigung der gesetzten Zielsetzungen: Die Informationen zum aktuellen Projektverlauf wurden jeweils von den schulischen Projektmitarbeitern sowie von der wissenschaftlichen Begleitung dokumentiert. Die entsprechenden Dokumentationen sind in den verschiedenen Zwischenberichten zum Modellversuch zu finden. (vgl. Zwischenbericht I, S. 5-14; II, S. 6-10; III, S. 6-12).

2. Durchgeführte Lehreraus- und Lehrerfortbildungen sowie die im Projekt veranstalteten Workshops und Seminare: Wie schon mehrfach betont, war es notwendig, ein intensives Fortbildungsprogramm durchzuführen. Die Konzeption der im Modellversuch durchgeführten Lehrerfortbildungen, Seminare usw. ist im Kap. V beschrieben. Hier finden sich auch Erfahrungen und Erkenntnisse aus den durchgeführten Veranstaltungen. Im Kap. VII-2 werden Gedanken für den Entwurf eines Curriculums zur Lehreraus- und -fortbildung vorgestellt. Dabei wurde versucht, die Erfahrungen, die in diversen Fortbildungsveranstaltungen gesammelt wurden, entsprechend zu berücksichtigen.

3. *Prototypische Softwareentwicklungen und Studien zur Softwarenutzung:* Im Modellversuch HYSIM wurden im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung umfangreiche prototypische Softwareentwicklungen und Studien zur Softwarenutzung durchgeführt. Diese Arbeiten waren ein wesentlicher Bestandteil unseres forschungsmethodischen Konzeptes (vgl. Kap. I-2). Hierdurch war es schon in den frühen Phasen des Modellversuches möglich, Verständigungsprobleme zwischen den verschiedenen mit der Softwarentwicklung befaßten Mitarbeitern im Projekt zu reduzieren. Hinweise zum forschungsmethodischen Vorgehen im Kontext des sog. Experimentellen Prototyping sind im Kap. I dargestellt. Einige der im Rahmen des Projektes entstandenen prototypischen Softwareentwicklungen werden im Kap. IV beschrieben.

4. *Durchführung und Erprobung von Unterrichtsvorhaben:* Im Verlauf des Modellversuches HYSIM wurden umfangreiche, unterrichtsbezogene Fallstudien in verschiedenen Bremer Berufsschulen durchgeführt. Die Erfahrungen aus dem unterrichtlichen Einsatz der einzelnen Lernprogramme wurden von den beteiligten Lehrkräften schriftlich fixiert. Dazu wurde zunächst in einer ersten Untersuchungsphase, von ca. zwei Schulhalbjahren, Informationen und Erfahrungen gesammelt und protokolliert. Diese Erfahrungsberichte und Einschätzungen der Lehrer aus den einzelnen Fallstudien wurden dann im Rahmen eines Seminars vorgestellt und in Form einer themenzentrierten Gruppendiskussion strukturiert und reflektiert. Darüber hinaus wurden schriftliche Erfahrungsberichte anderer, nicht direkt im Projekt tätiger Lehrkräfte ausgewertet. Die Ergebnisse dieser Gruppendiskussionen flossen ein in die Entwicklung eines 'offenen' Bewertungsrahmens (vgl. Abb. 1-1). Dieser Rahmen diente dann in einer zweiten Unter-

suchungsphase als eine zusätzliche Orientierungshilfe für die Dokumentation und Bewertung weiterer Fallstudien.

5. *Eigenentwicklung von hypermediabasierten Systemen:* Ein wesentlicher Teil der im Unterricht eingesetzten Lernsoftware wurde von den Mitarbeitern des Modellversuches mit Hypermedia - Entwicklungssystemen realisiert. Die Dokumentation der einzelnen Systeme erfolgte von den jeweiligen Software-Autoren und ist in den verschiedenen Zwischenberichten des Projektes HYSIM wiedergegeben. Als Orientierungshilfe wurde ein Kriterienkatalog zur Dokumentation von hypermediagestützten Lernprogrammen entwickelt (vgl. Abb. 1-2). Eine Kurzdokumentation der im Projekt entstandenen Lernsoftware wurde darüber hinaus in die WWW-Präsentation des Modellversuchs aufgenommen (vgl. Anhang). Diese Kurzdokumentationen basieren auf einer einheitlichen inhaltlichen Struktur, damit Außenstehende einen schnellen Eindruck über die unterschiedlichen Softwaremodule erlangen können (vgl. Abb. 1-3). Wichtige Erfahrungen und erwähnenswerte Probleme, die wir bei der Hypermedia-Anwendungsentwicklung gesammelt haben, verdienen eine genauere Betrachtung und sind als Orientierungshilfe für zukünftige Vorhaben im Bereich der Entwicklung hypermedialer Lernumgebungen von zentraler Bedeutung. Eine Darstellung der Erfahrungen und der daraus abgeleiteten Erkenntnisse befindet sich im Kap. VII.

6. Zusammenfassung und Darstellung der Ergebnisse: Die Dokumentation der entwickelten bzw. eingesetzten Lernsoftware sowie die fixierten Erfahrungen aus dem unterrichtlichen Einsatz der einzelnen Anwendungen dienten als Basis für eine zusammenfassende Darstellung und Bewertung der Ergebnisse im Modellversuch (vgl. Kap. VII). Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte auf der Grundlage eines Bewertungsrahmens. Dieser Rahmen enthält verschiedene qualitiative Kriterien, die insgesamt den drei zu Anfang dieses Kapitels genannten Problemfeldern zugeordnet werden können.

1. Programmbeschreibung

1.1. Lerninhalt, Anwendungsbereich

1.2. Zielgruppe, Schwierigkeitsgrad, Vorkenntnisse

1.3. Didaktische Überlegungen
1.3.1. Welche Lernformen unterstützt dieses Hypermediasystem besonders?
1.3.1.1. Entdeckendes Lernen
1.3.1.2. Individualisierung (Zeit, Ort, Reihenfolgen)
1.3.1.3. Labor-/Experimentalunterricht
1.3.2. Kombination mit anderen Medien
1.3.2.1. Lehrbücher oder Arbeitsblätter
1.3.2.3. Realsysteme
1.3.3. Kann bzw. soll die Anwendung vom Endbenutzer modifiziert werden können?

1.4. Systemvorausetzungen
1.4.1. Besondere Hard- und Softwarevoraussetzungen
1.4.2. Abweichung von der Standardkonfiguration

1.5. Funktionalität, Kategorie
1.5.1. Modellbildung, Simulation und Animation
1.5.2. Strukturierte Informationsverwaltung: Hypertext und Datenbank
1.5.3. Steuerung externer Geräte, Prozeßkopplung

1.6. Benutzungsoberfläche
1.6.1. Methaphern, Bildschirmästhetik
1.6.2. Menüstruktur
1.6.3. Orientierungshilfen, Hyper-Links
1.6.4. Multimedia-Unterstützung

2. Dokumentation zur Entwicklung

2.1. Darstellung der Grobstruktur
2.1.1. Objekthierarchie
2.1.2. Programm-Module, Knoten, Links

2.2. Beschreibung von wichtigen Programmteilen
2.2.1. Funktionen, Handler
2.2.2. Algorithmen

2.3. Einbindung von externen Modulen

2.4. Bekannte Fehler

2.5. Erweiterungsmöglichkeiten

Abb. 1-2: Kriterienkatalog zur Dokumentation von Lernsoftware

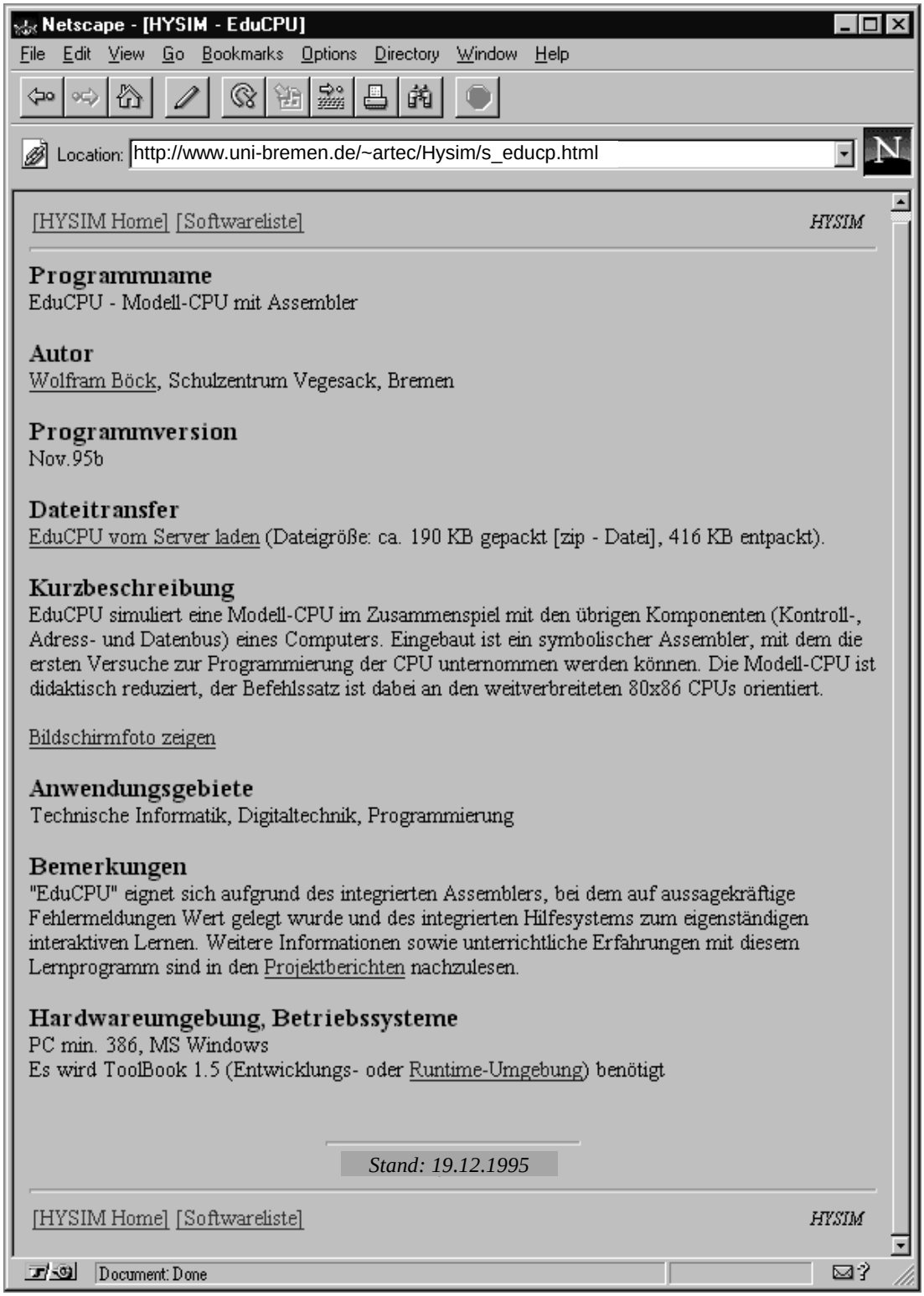


Abb. 1-3: Kurzdokumentation der Lernsoftware im World-Wide-Web (Beispiel: Mikroprozessor-Simulation)

1.5. Analysemethoden und -instrumente

Als formative, den Erfahrungsprozeß begleitende Aktivität kann nach unseren Erfahrungen die Evaluation – ohne Gefahr einer unzulässigen Verengung der Perspektive – nur in sehr geringem Maß auf standardisierte Instrumente der Informationserhebung und -auswertung zurückgreifen. Auch ist ein für alle Phasen des Modellversuchs gleichartiges Vorgehen nicht sinnvoll. Dementsprechend wurden bei der Erhebung, Dokumentation, Interpretation und Bewertung der zu evaluierenden Problemfelder in den einzelnen Projektphasen sehr unterschiedliche Methoden und -instrumente eingesetzt. Im allgemeinen kam eine Kombination von Erhebungsverfahren zur Anwendung: Fallstudien, themenzentrierte Gruppendiskussionen, Expertendiskussionen und teilnehmende Beobachtung. Die Auswertung erfolgte qualitativ. Selbstreflexion und Rückkopplungen waren systematischer Bestandteil der Evaluation (vgl. Übersicht auf der nächsten Seite).

Eine ganz zentrale wissenschaftliche Fragestellung innerhalb des Modellversuches bestand darin, die didaktische Reichweite des Einsatzes hypermediagestützter Simulation in der beruflichen Bildung für den gewerblich-technischen Bereich zu erforschen. Dabei ging es einerseits um die pädagogischen Implikationen des experimentellen Lernens mit hypermediabasierten Simulatoren im Unterricht der Berufsschule. Andererseits sollten die Möglichkeiten und Grenzen einer benutzerorientierten, unterrichtbezogenen Lernsoftwareentwicklung mit Hilfe von Hypermedia-Entwicklungssystemen untersucht werden (vgl. Kap. I).

Beide Komplexe bildeten also wichtige Untersuchungsbereiche, die im Verlauf des Modellversuches wesentlich auch empirisch, d.h. schulnah erforscht werden mußten. Die Erprobung von Unterrichtsvorhaben (Evaluationsfeld 4) und die Eigenentwicklung hypermedialer Lernumgebungen durch die beteiligten Lehrkräfte (Evaluationsfeld 5) waren deshalb bedeutsame Felder der Evaluation. Da beide Felder aufgrund der komplexen Randbedingungen nur sehr schwierig zu evaluieren sind, werden im folgenden einige Erläuterungen zu unserem Untersuchungsdesign gegeben. Später folgen einige Anmerkungen zur Evaluation von Lernsoftware.

	Evaluationsfelder	Analysemethoden und -instrumente	Handlungs-träger	Projekt-phasen[3]
1	Projektverlauf unter Berücksichtigung der Zielsetzungen	themenzentrierte Gruppendiskussion	Gesamt-gruppe	alle Projekt-phasen
2	Lehreraus- u. Lehrer-fortbildungen, Seminare usw.	themenzentrierte Gruppendiskussion	wiss. Be-gleitung	alle Projekt-phasen
3	Prototypische Softwa-reentwicklungen u. Studien zur Software-nutzung	Fallstudien Expertendiskussion	wiss. Be-gleitung	Vorbereitungs-phase
4	Durchgeführung u. Er-probung von Unter-richtsvorhaben	Fallstudien teilnehmdende Be-obachtung[4]	Lehrkräfte wiss. Be-gleitung	Vorbereitungs-, Realisierungs-phase
		themenzentrierte Gruppendiskussion	Gesamt-gruppe	Erprobungs-phase
5	Eigenentwicklung von hypermediabasierten Lernumgebungen	Fallstudien	Lehrkräfte wiss. Be-gleitung	Vorbereitungs-, Realisierungs-phase
		themenzentrierte Gruppendiskussion	Gesamt-gruppe	Erprobungs-phase
6	Zusammenfassung, Darstellung u. Verbrei-tung der Ergebnisse	themenzentrierte Gruppendiskussion	Gesamt-gruppe	Erprobungs-phase
		Protokollierung u. Gesamtdarstellung	wiss. Be-gleitung	

Tabelle 1-1: Evaluationsfelder und die entsprechenden Analysemethoden bzw. -instrumente

[3] Das Projekt gliedert sich in folgende drei Projektphasen (vgl. hierzu den Modellversuchsantrag HYSIM): Vorbereitungsphase (1. Jahr), Realisierungsphase (2. Jahr) und Erprobungsphase (3. u. 4. Jahr). Zusätzlich wurden im Rahmen einer Vorstudie Problemfelder und forschungsmethodische Fragen sondiert. Diese Vorstudie wurde von der wissenschaftlichen Begleitung durchgeführt.

[4] Ein Unterrichtsvorhaben wurde zusätzlich auf der Basis einer begleitenden Beobachtung evaluiert.

Zunächst baut die Evaluation der Felder 4 und 5 auf verschiedene Fallstudien auf. D.h. im Verlauf des Modellversuchs wurden die oben erwähnten Bereiche auf der Basis von exemplarischen Unterrichtsvorhaben experimentell untersucht. Dabei kamen unterschiedliche Typen von hypermediabasierten Simulationsumgebungen in verschiedenen beruflichen Bildungsgängen zum Einsatz. Erprobt wurden verschiedene Formen des Handlungslernens mit hoher Schülerselbsttätigkeit (vgl. die Erfahrungsberichte in Kap. VI).

Sechs der im Unterricht eingesetzten hypermediabasierten Lernumgebungen wurden von den im Modellversuch tätigen Lehrern selbst entwickelt. In der Anfangsphase des Projektes wurde außerdem auch eine kommerziell verfügbare Lernsoftware eingesetzt, um schon in frühen Phasen des Modellversuches Erfahrungen mit hypermediabasierter Lernsoftware zu sammeln und erste Orientierungen bekommen zu können.

Die durchgeführten Fallstudien decken ein relativ breites Themenspektrum im Bereich beruflicher Bildung ab und lieferten neben wichtigen Erfahrungen und Erkenntnissen auch Softwareprodukte und Materialien, die schon während des Modellversuchs anderen Lehrkräften zur Verfügung gestellt werden konnten.

Die Erfahrungen aus der Entwicklung und dem unterrichtsbezogenen Einsatz der einzelnen in den Fallstudien erprobten Softwaresysteme basiert im wesentlichen auf den Dokumentationen durch die Lehrer selbst. Dies sind schriftlich fixierte Einschätzungen der Beteiligten und insofern selbstverständlich nicht 'objektiv'[5]. Trotzdem haben wir uns zu diesem methodischen Vorgehen entschieden und beispielsweise auf die Einbeziehung externer Beobachter, bis auf eine Kontrollgruppe[6], verzichtet. Insbesondere sprachen *vier* Argumente für unser Vorgehen:

---

[5] Aufgrund der aufgezeigten methodischen Mängel standardisierter Verfahren im Zusammenhang mit Lernsoftware-Bewertungen argumentiert Schulmeister ähnlich: "[...] dann scheint es doch sinnvoller zu sein, inhaltliche Beurteilungen in freier Textform abzuliefern" (Schulmeister 1996, S. 385)

[6] Das Unterrichtsvorhaben "SPS-gesteuerte Pneumatik" wurde zusätzlich auf der Basis einer begleitenden Beobachtung von der wissenschaftlichen Begleitung evaluiert.

1. Erfahrungsgemäß führt die Begleitung des Unterrichts durch externe Beobachter zu artifiziellen Lernsituationen, weil Lernende und Lehrerende in die Rolle von Versuchspersonen schlüpfen und weniger spontan agieren[7].
2. Die im Modellversuch beteiligten Lehrer zeichneten sich durch ein hohes Maß an Professionalität und Erfahrung mit dem Einsatz rechnergestützter Lernumgebungen aus und waren darüber hinaus gleichzeitig mit den spezifischen situativen Bedingungen der jeweiligen Bildungsgänge optimal vertraut.
3. Im Sinne einer formativen Evaluation wurden im Rahmen projektbegleitender themenzentrierter Gruppendiskussionen die Einschätzungen der beteiligten Lehrkräfte thematisiert, strukturiert und kritisch reflektiert. In den fortgeschrittenen Phasen des Modellversuches diente ein 'offenes' Bewertungsraster (vgl. oben), welches unter Berücksichtigung der bis dahin gesammelten Erfahrungen entwickelt worden war, als zusätzliche Orientierungshilfe für die Dokumentation und Bewertung der verschiedenen unterrichtsbezogenen Aktivitäten.
4. Darüber hinaus wurden schriftliche Erfahrungsberichte anderer, nicht direkt im Projekt tätiger Lehrkräfte ausgewertet.

1.6. Literatur

Biermann, H.(1994): Lehren und Lernen mit Computern. Kriterien zur Bewertung von Unterrichtssoftware. In: Petersen / Reinert (1994). S. 123-141

Eberleh, E. / Oberquelle, H. / Oppermann, R. (1994): Einführung in die Software-Ergonomie. Gestaltung graphisch-interaktiver Systeme. Prinzipien, Werkzeuge. Berlin, New York

Fischer, M. (1991): Zum Stellenwert der Evaluation im Modellversuch "Roboter als CIM-Komponenten in der beruflichen Bildung". Bre-

[7] Ähnlich argumentiert Schulmeister: "Schwierigkeiten bei der Generalisierung von Aussagen aus Evaluationen verleiten Methodiker regelmäßig dazu, weitere Differenzierungen und Kontrollen im methodischen Design zu fordern. Dies kann zur Konstruktion absolut artifizieller Lernumgebungen führen, deren Aussagen damit ihre Gültigkeit für real life-Situationen verlieren" (Schulmeister 1996, S. 372).

men. In: Abschlußbericht zum Modellversuch " Roboter als CIM-Komponenten in der beruflichen Bildung ". Bremen

Fischer, M. / Lehrl, W. (1989): Evaluationskonzept Modellversuch "Roboter als CIM-Komponenten in der beruflichen Bildung". Bremen

Fischer-Bluhm, K. / Fischer, M. / Lehrl,W. (1988): Evaluationskonzept MCA Hessen. (Modellversuch K 1047.00) Bremen

Freibichler, H./ Carstensen, D. (1996): Evaluation zur Gestaltung einer Lernumgebung. In: Holz, H./Schenkel, P. (Hrsg.) (1995): S. 88-99

Holz, H. / Schenkel, P. (Hrsg.) (1995): Evaluation multimedialer Lernprogramme und Lernkonzepte: Berichte aus der Berufsbildungspraxis. Reihe "Multimediales Lernen in der Berufsbildung". Nürnberg.

Meier, A.(1995): Qualitätsbeurteilung von Lernsoftware durch Kriterienkataloge In: Holz, H./Schenkel, P. (Hrsg.)(1995). S.149-191

Neul, W. (1977): Strategien der Evaluation von Curricula und der Curriculumentwicklung. Stuttgart

Petersen, J. / Reinert, G.-B. (Hrsg.) (1994): Lehren und lernen im Umfeld neuer Technologien. Frankfurt am Main u.a..

Prell, S. (1984): Handlungsorientierte Schulbegleitforschung. Frankfurt.

Schulmeister, R. (1996): Grundlagen hypermedialer Systeme. Theorie-Didaktik-Design. Bonn, Paris

Scriven, M. (1980): The Logic of evaluation. California.

Stary, Ch. (1994): Interaktive System. Software-Entwicklung und Software-Ergonomie. Braunschweig /Wiesbaden

Wagner, A. (1994): Computergestütztes Lernen in der ökonomischen Bildung. Deutsche Hochschulschriften 541. Zugl. Universität / Gesamthochschule Essen, Diss., 1994. Egelsbach, Frankfurt/Main, Washington.

Wulf, C. (1975): Funktionen und Paradigmen der Evaluation. In: K. Frey (Hg.): Curriculum Handbuch, Bd.2, S. 580-600. München

Wulf, C. (Hg.) (1972): Evaluation. Beschreibung und Bewertung von Unterricht, Curricula und Schulversuchen. München

IV. Realisierung hypermedia-gestützter Simulationssysteme: Prototypische Bausteine und Ansätze

Dieter Müller

1. Zur Bedeutung des Software-Prototyping im Modellversuch

Neben den in den Modellversuchsschulen zu evaluierenden Unterrichtsprojekten erschien es notwendig, im Rahmen der Begleitforschung zusätzlich explorative Software-Studien durchzuführen, um neuartige Ideen und Konzepte in die fortlaufende Projektarbeit einbringen zu können. Dabei wurde davon ausgegangen, daß Ergebnisse aus diesen Studien auch die im Modellversuch mitarbeitenden Lehrer bei der Entwicklung eigener hypermedialer Materialien produktiv unterstützten könnten. Vor dem Hintergrund dieser Überlegungen entschieden wir uns im Modellversuch HYSIM für ein experimentelles Vorgehen auf der Basis des sogenannten *Software-Prototyping*. Im folgenden werden zunächst der konzeptuelle Hintergrund, später dann exemplarisch Ansätze und prototypische Umsetzungen hypermedialer Lernumgebungen dargestellt, die im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung entwickelt bzw. durchgeführt wurden.

1.1. Konzepte

Prototyping wird häufig bei der Konstruktion und Produktentwicklung, so auch bei Softwareentwicklungen angewandt. Ziel dieser Methode ist das schnelle Realisieren von Funktionen, um feststellen zu können, ob diese den Anforderungen der zu lösenden Probleme gerecht werden. Die sich daraufhin anschließende Entwicklung des endgültigen Produkts ist dann mit hoher Wahrscheinlichkeit mit weniger Risiken behaftet. Die Charakteristika des Prototyping sind minimaler Aufwand und kurzfristige Ergebnisse zu Lasten von Effizienz (Programmlaufzeit, Speicherbedarf, Nutzung bestimmter Rechner-Eigenschaften usw.) und Funktionalität. Software-Prototyping ist besonders geeignet, um Benutzungsoberflächen zu entwikkelnder Systeme vorab und kurzfristig zu realisieren. Dabei können im praktischen Umgang mit diesem Prototypen Erkenntnisse über die zweckmäßige Auslegung der Benutzungsoberfläche gefunden und Fehlentwicklungen reduziert werden. Durch Prototyping kann das Gestalten der Benutzungsoberfläche und deren Realisierung durch Programmieren weitgehend

entkoppelt werden. Je nach Einsatzbereich lassen sich sog. Analyseprototypen von Designprototypen unterscheiden (vgl. ausführlich Floyd 1984):

Analyseprototypen dienen der Beantwortung von Fragestellungen in komplexeren Anwendungen. Sie sind in der Regel nicht für die Endbenutzer konzipiert und dienen dazu, einzelne Aspekte während der Systemgestaltung zu fokussieren, um sie als Diskussionsgrundlage für Systementwickler zu verwenden. Dementsprechend sind Analyseprototypen geeignet, um folgende Frage zu klären: Welche Anforderungen stellen sich in dem spezifischen Anwendungsfall und wie lassen sich diese softwaretechnisch modellieren? Wo liegen Grenzen der Realisierbarkeit unter Berücksichtigung vorhandener personeller, zeitlicher und finanzieller Ressourcen?

Designprototypen sind für die Evaluation durch die Endbenutzer gedacht. Sie stellen insofern eine nächste Stufe im Vergleich zu Analyseprototypen dar. Designprototypen dienen dazu, bereits in einem frühen Stadium der Software-Entwicklung auch Nicht-Experten eine Vorstellung von einem zu entwickelnden System zu vermitteln. Sie bieten in der Regel eine weit bessere Gesprächsgrundlage als Texte, Skizzen usw., da konkretes Systemverhalten hier auch in seiner Dynamik *erfahrbar* ist.

Das Prototyping umfaßt verschiedene Techniken und Verfahren. Je nach Art des Anwendungszwecks kann das *Throw-Away-Prototyping* vom *evolutionären Prototyping* unterschieden werden. *Throw-Away-Prototypen* sind sinnvoll, wenn eingeschränkte Fragestellungen mit Hilfe eines Softwareproduktes erforscht werden sollen und kein weiteres Verwertungsinteresse bezüglich dieses Produktes existiert. Entsprechend dem eingeschränkten Verwertungszweck können die Anforderungen an Funktionalität, Robustheit, Ergonomie usw. hier deutlich reduziert werden. *Evolutionäres Prototyping* bezeichnet eine Vorgehensweise, bei der aus dem anfänglichen Prototypen das spätere System entwickelt wird. Primäres Ziel dieser Methode ist die laufende Anpassung des sich entwickelnden Systems an wachsende bzw. sich verändernde Anforderungen, die in einer frühen Entwicklungsphase noch nicht zuverlässig vorhersehbar sind. Ein Software-Produkt, daß mit Hilfe des *Evolutionären Prototyping* entsteht, beschreibt Floyd (1984) auch mit *Versioning*.

Floyd unterscheidet zwei Formen des evolutionären Ansatzes:

- inkrementelle Systementwicklung und
- evolutionäre Systementwicklung.

Die *inkrementelle* Systementwicklung erfolgt durch schrittweise Erweiterung der Implementation, wobei alle unvollständigen Versionen jeweils als Prototyp gesehen werden. Bei der *evolutionären* Systementwicklung wird der gesamte Entwicklungsprozeß als eine sich wiederholende Abfolge eines iterativen Entwurfs-, Implementations-, und Evaluations-Zyklus betrachtet. Da die evolutionäre Systementwicklung eine erheblich stärkere Dynamik als andere Methoden aufweist, werden hier erhebliche Anforderungen an alle Projektbeteiligten gestellt.

Rapid Prototyping als weitere Variante basiert auf speziellen Tools, die die interaktive Erstellung von Benutzeroberflächen in kurzer Zeit ermöglichen. Beispiele für solche Prototyping-Werkzeuge sind u.a. auch Hypermedia-Entwicklungssysteme, wie wir sie im Rahmen dieses Projektes eingesetzt haben.

1.2. Prototyping im Modellversuch

Im Modellversuch HYSIM wurden verschiedene Strategien des Prototyping genutzt. So wurden einige Produkte im Sinne der evolutionären Methode ständig im Verlaufe des Modellversuches weiterentwickelt, andere wurden aus konzeptionellen Gründen schon in einer frühen Entwicklungsphase verworfen oder aus Kapazitätsgründen einfach nicht weiter entwikkelt.

In der Anfangsphase des Projektes dienten Analyseprototypen dazu, schwerpunktmäßig prinzipielle softwaretechnische Frage zu eruieren. Insbesondere wurden dabei Grenzen und Möglichkeiten der Gestaltung und Einbindung von Multimedia-Komponenten (Animation, Video, Ton) in Hypertext-Anwendungen untersucht. Designprototypen dienten als Basis, um grundlegende Gestaltungskonzepte innerhalb der Projektgruppe zu diskutieren. Auf diese Weise haben wir z.B. Alternativen zur visuellen Darstellung und Orientierung in dreidimensionalen virtuellen Räumen und zur Interaktion analysiert. Darüber hinaus wurden Designprototypen im

Rahmen von Lehrerfortbildungen eingesetzt, um den beteiligten Lehrkräften neuartige Konzepte zu demonstrieren.

Im Sinne eines explorativen Vorgehens wurde zu Anfang einer Prototypenentwicklung nicht streng festgelegt, wie weit die zu entwickelnden Produkte ausprogrammiert werden sollten. Insgesamt wurden im Zusammenhang mit den durchgeführten Studien kaum formalisierte Entwicklungs-Strategien im Sinne bestimmter Vorgehensmodelle (vgl. z.B. Schönthaler / Neméth 1992) eingesetzt. Unter der Berücksichtigung der im Modellversuch HYSIM zu lösenden neuartigen Fragestellungen wäre unseres Erachtens ein streng an Software-Engineering-Konzepte orientiertes formales Vorgehen dem Projekt eher abträglich gewesen; insbesondere auch deshalb, weil nach unserer Auffassung die Entwicklung neuartiger didaktischer Softwarekonzepte im wesentlichen ein kreativer Prozeß ist, der sich nur bedingt operationalisieren läßt.

Die hier beschrieben prototypischen Bausteine und Ansätze dienten zur Erforschung folgender Problemstellungen:

1. Möglichkeiten und Grenzen von Hypermedia-Entwicklungssystemen für die Entwicklung didaktischer Simulationsanwendungen. Untersuchung der Integrationsmöglichkeiten verschiedener Simulations-Module in komplexere Hypertext-Lernumgebungen.
2. Möglichkeiten und Grenzen der Implementierung komplexer Prozeßsimulationen mit Techniken der objektorientierten Software-Entwicklung und Parallelprogrammierung sowie Untersuchung der Einbindung dieser Module in hypermediale Lernumgebungen.
3. Evaluation verschiedener Ansätze zur visuellen Darstellung und Orientierung in Hyperstrukturen und dreidimensionalen virtuellen Räumen.
4. Untersuchungen zur Visualisierung von dynamischen Prozessen mit Mitteln der Animation und Videoeinbindung
5. Untersuchungen zur Interaktion.
6. Prototypische Realisierung eines Mehrebenensimulators.

1.3. Möglichkeiten und Grenzen des Prototyping

Im Rahmen des Modellversuchs HYSIM waren die im folgenden beschriebenen Studien zur Realisierung von hypermediabasierten Simulatoren und zur Usibility–Forschung ein wesentlicher Bestandteil unseres forschungsmethodischen Konzeptes (vgl. Kap. I). Hierdurch gelang es schon in den frühen Phasen des Modellversuches, die Reichweite unterschiedlicher Konzepte abzuschätzen. Darüber hinaus erwies es sich als sinnvoll, Prototypen einzusetzen, um die Verständigung zwischen den Beteiligten (Wissenschaftler und Pädagogen) zu verbessern.

Carroll (1991) betont die Notwendigkeit, Forschungen im Bereich der Mensch-Maschine-Kommunikation in ihrer historischen Relativität und ihrer Abhängigkeit vom technologischen Stand der Entwicklung zu sehen: "It is quite striking how in just a few years, major facts and concepts in HCI are quietly forgotten, abstracted, or merely revised" (S. 48). Diese Aussage trifft auch für das Prototyping zu. Es ist deshalb wichtig, Protyping-Studien immer schon im Blick auf zukünftige Funktionen der Rechner, denen Schüler und Lehrer in 5 oder 10 Jahren in Schule, Hochschule und Beruf begegnen, zu konzipieren. Dennoch läßt es sich kaum vermeiden, daß Forschungsergebnisse in manchen Fällen schon im Verlaufe eines Projektes durch die rasche technische Entwicklung überholt werden. So wird sich beispielsweise in naher Zukunft die Bedeutung der Einbindung hochwertiger Vollbildvideosequenzen in hypermediabasierten Lernprogrammen im Vergleich zu einfacheren Standbildsequenzen ungleich anders stellen als heute. Forschungsfragen bezüglich der Bildqualität werden dann möglicherweise als überholt anzusehen sein.

Häufige Kritik an Prototyping ist verbunden mit der in der Regel mangelnden Stabilität der Systeme. Oft wird auch das Attribut "prototypische Entwicklung" verwendet, um mangelnde Leistung der implementierten Systeme von Kritik auszunehmen (vgl. Smith 1991). Wir teilen diese Auffassung, allerdings halten wir es unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten auch für angebracht, Software-Prototypen – trotz offensichtlicher Qualitätsmängel – intensiv im Rahmen von Forschungsprojekten zu entwickeln, um Theorien im Sinne Minskys nicht nur abstrakt, sondern auch aus konkreten Beispielen abzuleiten:

"To build a theory, one needs to know a lot about the basic phenomena of the subject matter. We simply do not know enough about these, in the theory of computation, to teach subject very abstractly. Instead, we ought to teach more about the particular examples we now understand thorouhly, and hope that from this we will be able to guess and prove more general principles" (Minsky, zit. bei Booch 1994, S.291).

Bei der Abwägung der Vor- und Nachteile der im Modellversuch HYSIM gewählten methodischen Vorgehensweise kommen wir insgesamt zu positiven Schlußfolgerungen. Das Projekt HYSIM war mit vielen Unwägbarkeiten behaftet. Die Annäherung an diese neuartige Thematik mit Hilfe des Software–Prototyping half vor allen Dingen dabei, Erfahrungen zu sammeln, Ideen zu vergegenständlichen und sie produktiv und *begreifbar* innerhalb der Projektgruppe zu verwerten.

1.4. Literatur

Booch, G. (1991): Object-Oriented Design with Applications. Redwood, Cal. 1991.

Budde, R., Kuhlenkamp, K., Mathiassen, L. Züllighoven, H. (eds.) (1984): Approaches to Prototyping. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg

Carroll, J.M (1991): History and Hysteresis in Theories and Frameworks for HCI. In: Diaper, D./Hammond, N. (eds): People and Computers VI. Proceedings of the HCI '91 Conference. (British Computer Society Conference Series; 3) Cambridge, pp 47-55

Floyd, C.(1984): A Systematic Look at Prototyping. In: Budde u.a. (1984), S.1-8

Schönthaler, F./ Neméth, T. (1992): Software-Entwicklungswerkzeuge: Methodische Grundlagen. Stuttgart

Smith, M.F. (1991): Software-Prototyping – Adoption, Practice and Management. London.

2. Studien zur Implementierung von Simulationen mit Hilfe von Hypermedia-Entwicklungssystemen

In diesem Kapitel werden einige prototypische Realisierungsversuche beschrieben, die wir zu Anfang des Projekts durchgeführt haben. Das Ziel dieser Aktivitäten bestand zunächst darin zu erkunden, in welchem Rahmen mit Hilfe von Hypermedia-Entwicklungssystemen Lernsoftware-Entwicklungen möglich und sinnvoll sind. Die im Verlaufe des Modellversuches zu beantwortende Frage, inwieweit Entwicklung und Gestaltung hypermediabasierter Lernmedien auch für Berufspädagogen relevant sind, erforderte u.a. eine Evaluation möglicher einzusetzender Entwicklungswerkzeuge[1]. Wir gingen zwar tendenziell von der These aus, daß durch die Verfügbarkeit mächtiger Hypermedia-Entwicklungssysteme, wie z.B. Hypercard oder ToolBook auch Nicht-Experten in einem vertretbaren Zeitaufwand kleine Softwarepakete erstellen können. Dennoch schien es notwendig, diese These neben theoretischen Analysen auch auf der Basis prototypischer Softwarestudien im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung intensiver zu untersuchen.

In diesen Studien bestand die Aufgabe der wissenschaftlichen Begleitung darin, insbesondere pragmatische Aspekte, die aus der Sicht der Lernsoftwareentwicklung bedeutsam sind, herauszufinden und anhand von Beispielen zu evaluieren. Darüber hinaus war es wichtig, diese Erkenntnisse so aufzuarbeiten, daß die im Projekt mitarbeitenden Lehrer bei der Entwicklung eigener Softwarepakete damit optimal unterstützt werden konnten.

Vor dem Hintergrund dieser Zielsetzung haben wir hier schwerpunktmäßig die *Handhabbarkeit* von Hypermedia-Entwicklungssystemen unter einer pragmatischen Anwendersicht analysiert. Die Handhabbarkeit eines Hypermedia-Entwicklungssystems wurde anhand folgender Kriterien beurteilt: den verfügbaren *Ausdrucksmitteln* für die Erstellung von Animatio-

---

[1] Zur Evaluation von Hypermediasystemen vgl. z.B. Riley (1993); Meyer/ Rauterberg/ Strässler (1991).

nen und Simulationen, einer intuitiv *verständlichen Semantik* und den *Erfahrungen*, die im Verlauf ihres Einsatzes bereits gesammelt worden sind. Wesentlich für die Handhabbarkeit sind darüber hinaus sinnvolle *Strukturierungsmöglichkeiten, Modularisierbarkeit, Erweiterbarkeit* und *Flexibilität*. Zu diesen Aspekten sind an anderer Stelle in diesem Projektbericht ebenfalls Aussagen zu finden (vgl. Kapitel VII); wir wollen uns daher hier auf einige wenige Punkte beschränken, die uns im Zuge der Prototypenentwicklung besonders aufgefallen sind.

Ausdrucksmittel für die Erstellung von Simulationen: Einen möglichst geringen konzeptionellen Abstand zwischen einem abstrakten Systemmodell und einem konkreten Modell halten wir im Hinblick auf eine einfache und sichere Implementierung für ein wichtiges Kriterium. Ein geringer Abstand wird erreicht, wenn die Ausdrucksmittel einer Programmiersprache sich möglichst eng an den Konzepten zur Beschreibung von Objekten und Abstraktion in physischen Modellen orientieren. Konkreter folgt daraus, daß die Programmiersprache implizit oder explizit die Beschreibung der Manipulation von Objekten vorsieht (vgl. Frauenstein / Pape / Wagner 1990. S.74)

Verständliche Semantik: Um Programme formulieren zu können, bedarf es einer formalen Sprache. Diese Sprache übernimmt dabei eine zentrale Rolle als Mensch-Maschine-Schnittstelle: Aus Sicht des Entwicklers dient sie zur Formulierung von Modellen als durch Abstraktion gewonnene Abbilder eines Realitätsausschnitts. Programme haben für den Entwickler eine Bedeutung, die er in Begriffen und Sinnzusammenhängen erfaßt. Neben einer rein operationalen Bedeutung einer Programmiersprache ist dementsprechend deren (axiomatische) Semantik bedeutsam (vgl. hierzu Frauenstein/ Pape/Wagner 1990, S. 214ff).

Strukturierungsmöglichkeit: Die Anwendungsentwicklung wird durch die Möglichkeit einer übersichtlichen Strukturierung der Softwaremodule erleichtert. Eine unverzichtbare Methode stellt dabei die Objektorientierung dar. Der sog. objektorientierte Entwurf ist deshalb eine unverzichtbare Methode der Softwareentwicklung geworden (vgl. Booch 1991, Meyer 1990). Die Vorteile der Objektorientierung sind unumstritten, und auch Hypermediasysteme bieten objektorientierte Konzepte für die Entwicklung an.

Modularisierbarkeit: Im Hinblick auf den praktischen Einsatz von Programmiersprachen ist der Modularisierbarkeit von Programmsystemen eine große Bedeutung zuzumessen. Modularisierung als Ausdruck der statischen Systemstrukturierung hat schon für einen einzelnen Programmierer große Vorteile, was die Überschaubarkeit und Beherrschbarkeit des Gesamtsystems betrifft. In größeren Projekten mit mehreren Entwicklern ist eine Modularisierung unumgänglich.

Erweiterbarkeit und Flexibilität: Als letzten allgemeinen Aspekt wollen wir die inkrementelle Erweiterbarkeit einer Programmiersprache bzw. der damit realisierten Anwendungen nennen. Wir fassen darunter sowohl die Wiederverwendbarkeit von geschriebenem Code - z.B. durch die Möglichkeit, Programm- oder Modulbibliotheken einzurichten - als auch die Erweiterung der Sprache für einen bestimmten Anwendungskontext.

2.1. CNC-Simulator

Der im folgenden beschriebene Prototyp ermöglicht die Simulation eines Fertigungsprozesse auf einer CNC-Fräsmaschine. Die erste Version des Prototyps wurde mit Hypercard (Apple Macintosh) entwickelt. Anschließend wurde die fertige Applikation nach ToolBook (MS Windows) portiert. Die Lernsoftware enthält sowohl Hypertextelemente als auch ein Simulationsmodul. Um die didaktische Konzeption sowie die Komplexität der Anwendung zu verdeutlichen, soll die Funktionalität des Simulators erläutert werden:

Um eine CNC-Simulation durchzuführen, wird ein CNC-Steuerprogramm in ein vorgesehenes Textfeld eingegeben. Ferner müssen Größe und Nullpunkt des Werkstückes festgelegt werden. Die Maße des Werkstückes sowie die Position des Nullpunkts können interaktiv mit der Maus eingestellt werden. Nach der Eingabe des Steuerprogramms kann ein Syntaxcheck vorgenommen werden. Sind Fehler aufgetreten, wird die Prüfung unterbrochen und die fehlerhafte Programmstelle angezeigt. Die Ausführung der Simulation läßt sich kontinuierlich oder im Einzelschrittmodus durchführen. Während des Programmablaufs wird die Werkzeugführung angezeigt und animiert. Der Simulator ermöglicht die Auswahl verschiedener Werkzeuge aus einer vorhandenen Werkzeugdatei. Die meisten Funktionen können durch einfaches Anklicken einer Schaltfläche (Button) aufge-

rufen werden. Der CNC-Simulator wurde so konzipiert, daß er als ein Baustein in ein hypermediagestütztes Gesamtsystem eines Mehrebenensimulators integriert werden kann.

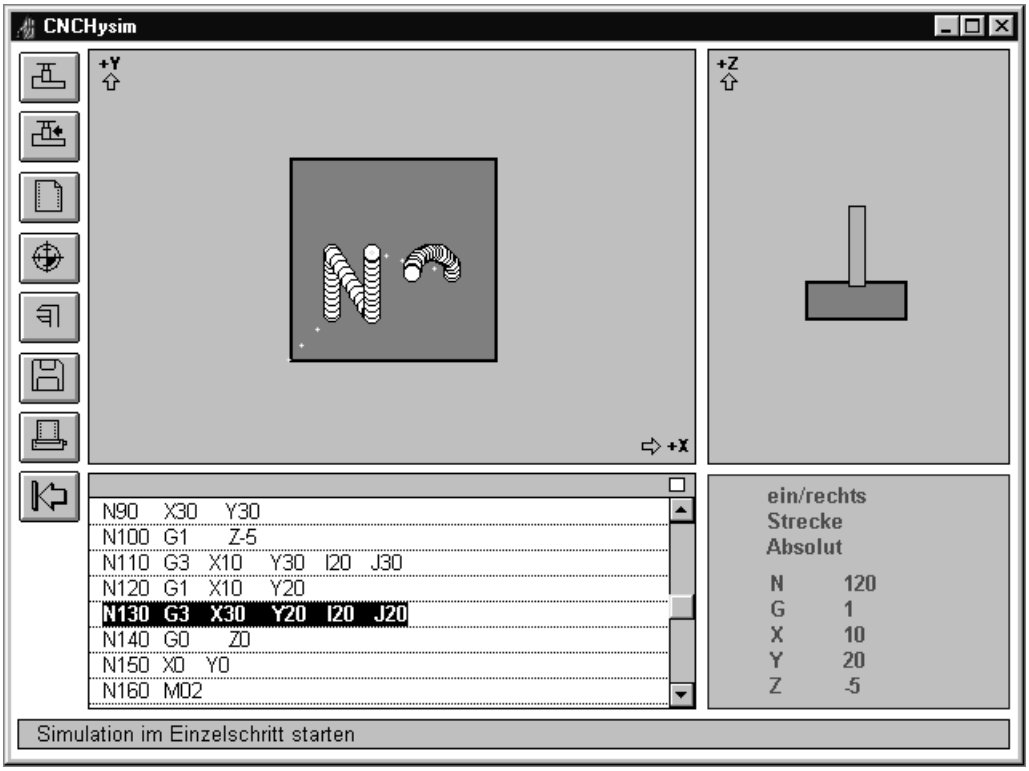


Abb. 2-1: CNC - Simulator

2.2. Simulator für Fertigungsplanung

Im Rahmen einer zweiten Studie wurde ein kleiner hypermediabasierter Simulator für die Modellierung und Simulation von Fertigungsprozessen implementiert. Das System orientiert sich an den Konzepten verfügbarer ereignisgesteuerter Simulatoren (z.B. AutoMod, SIMPLE++), ist aber in Aufbau und Bedienung wesentlich vereinfacht. Die Entwicklung erfolgte mit Hypercard. Aufgrund der sich bei der Entwicklung zeigenden konzeptionellen Grenzen wurde die Anwendung nur in Teilen implementiert.

Der Simulator ist so ausgelegt, daß die Modellierung von Fertigungseinrichtungen mit Hilfe von Baukastenelementen wie Quellen, Senken, Montageeinrichtungen, Maschinen usw. möglich ist. Simuliert werden kann der Material- bzw. Werkstückfluß durch das modellierte System. Eine statisti-

sche Ausgabe der Durchlauf- und Bearbeitungszeiten ermöglicht die Beurteilung verschiedener Szenarien.

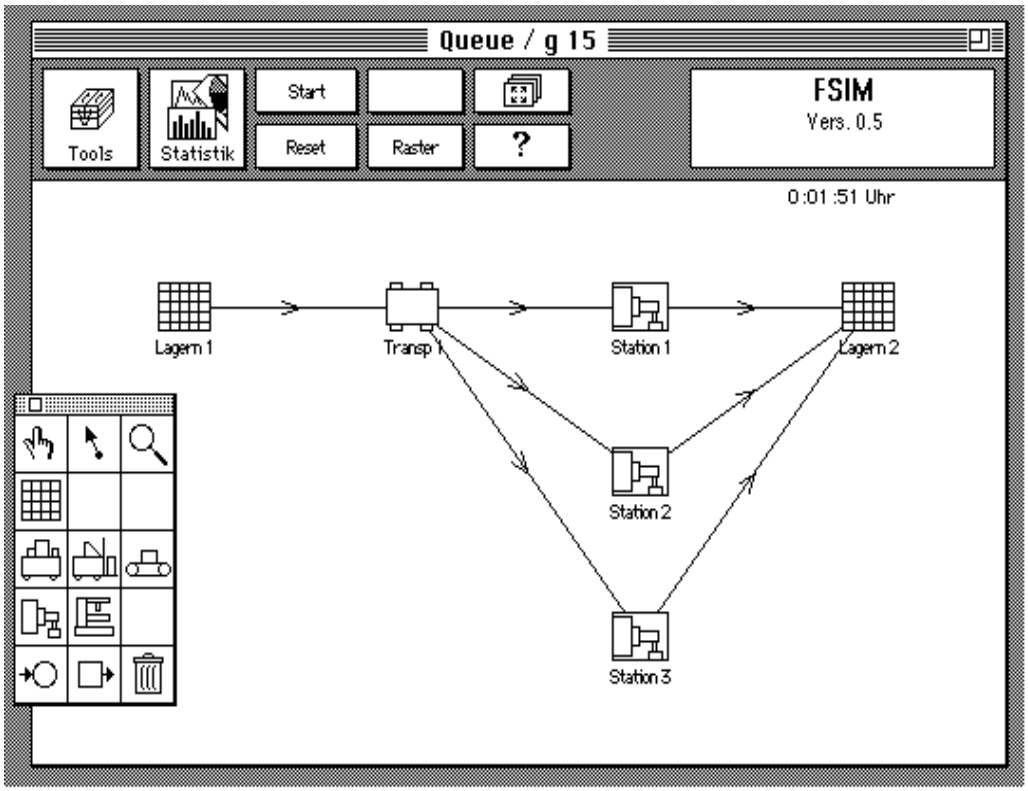


Abb. 2-2: Simulator für Fertigungsplanung

2.3. Ergebnisse

Die oft widersprüchliche und verwirrende Bewertung von Programmiersprachen und Sprachkonzepten in der Literatur ist nicht nur auf subjektive Wertmaßstäbe, persönliche Vorlieben und Eigenarten zurückzuführen, sondern hat ihre Ursache auch in der Komplexität des Untersuchungsgegenstandes. Insofern spiegeln die folgenden Ergebnisse z.T. auch unsere subjektiven Einschätzungen wider. Bezüglich der zuvor dargestellten Kriterien folgt eine kurze Zusammenfassung der Ergebnisse:

Ausdrucksmittel für die Erstellung von Simulatoren: Mit Hypermedia-Systemen, wie z.B. ToolBook lassen sich kleine Animationen schnell realisieren. Dabei bietet z.B. ToolBook die Möglichkeit, mit Hilfe eines Script-Recorders Programmbefehle aufzuzeichnen, während man Objekte (z.B. Bildobjekte) "von Hand" manipuliert. Später kann man diese Mani-

pulationen dann mit einem Mausklick automatisch ablaufen lassen, um einen Animationseffekt zu erreichen.

Komplexere Anwendungen, bei denen ereignisgesteuerte Prozesse modelliert und visualisiert werden sollen, sind allerdings nicht so leicht zu realisieren. Die zur Verfügung stehenden Sprachelemente setzen hier enge Grenzen. Wir haben deshalb auch frühzeitig untersucht, ob sich für komplexere Anwendungsfälle externe Module, die entsprechende Anforderungen erfüllen, einbinden lassen (vgl. die Untersuchung im nächsten Kapitel).

Mit Hilfe der verfügbaren Entwicklungsumgebung lassen sich nach unseren Erfahrungen recht schnell ansprechende Oberflächen mit den unter Fenstersystemen üblichen Interaktionselementen, wie Textfelder, Schaltflächen, Dialogfenster und Bildfelder erzeugen. Die in den evaluierten Systemen vorhandenen Scriptsprachen ermöglichen darüber hinaus auch einem Anwender, der mit den Grundlagen der Programmierung vertraut ist, interaktiv erzeugte Objekte mit entsprechenden Funktionen anzureichern. Das Erstellen von komplexen Simulationsprogrammen ist aber doch sehr aufwendig, wie sich später auch in den durchgeführten unterrichtsbezogenen Praxisstudien (vgl. Kap. VI) gezeigt hat.

Verständliche Semantik: Die hier untersuchten Systeme (ToolBook, Hypercard) verfügen über eine eigene Programmiersprache (OpenScript bzw. Hypertalk), die der Klasse der sog. Script-Sprachen zuzuordnen ist. Script-Sprachen sind stärker der Alltagssprache entlehnt als sonstige Programmiersprachen und besitzen eine fehlertolerante Syntax. Daraus resultiert, daß identische Anweisungen alternative Kodierungen zulassen. Script-Sprachen werden interpretativ verarbeitet, bei Fehlern bekommt der Benutzer deshalb sofort eine entsprechende Rückmeldung und kann diesen Fehler unmittelbar verbessern.

Obwohl Scriptsprachen relativ leicht zu erlernen sind, führt die fast unüberschaubare Vielfalt der möglichen Befehle zu Verwirrungen. Anfänger/-innen sollten sich nach unseren Erfahrungen deshalb möglichst auf wenige elementare Befehle beschränken. Schon mit ca. 10 Befehlen können einfache interaktive Hypermedia-Anwendungen programmiert werden.

Strukturierungsmöglichkeit: Die objektorientierte Erstellung von Anwendungen auf der Basis von Hypermediasystemen, wie beispielsweise ToolBook oder Hypercard, wird durch die vorgegebene Struktur dieser Systeme eingeschränkt. Diese Einschränkungen vereinfachen zwar einerseits die Bedienung und ermöglichen so auch Nicht-Informatikern die Hypermedia-Anwendungsentwicklung. Andererseits ergeben sich u.a. folgende Restriktionen, die bei der Planung eines Softwareprojektes mitbedacht werden müssen:

- Es bestehen nur reduzierte Möglichkeiten der Datenkapselung und Modularisierung innerhalb von Anwendungen.
- Es existiert keine ausreichende Datentypkontrolle. Tippfehler führen zu Fehlern, die nicht sofort bemerkt werden.
- Die Erweiterung der vorgegebenen Objekthierarchie ist kaum möglich.
- Es können während der Laufzeit einer Anwendung keine neue Instanzen generiert werden.

Diese Restriktionen machen sich bei der Entwicklung größerer Systeme unangenehm bemerkbar und zwingen dazu, ein gewisses Maß der Bescheidenheit nicht zu überschreiten.

Modularisierbarkeit: Die Möglichkeiten der Modularisierbarkeit innerhalb einzelner Hypermediamodule ist, wie gerade angedeutet, eingeschränkt. Allerdings können einzelne, physikalisch getrennte Module über Hyperlinks lose miteinander verknüpft werden. Hierdurch ergibt sich eine Modularisierbarkeit auf Datei-Ebene, die in hypermediagestützten Anwendungen eine interessante Perspektive zur Integration verschiedener, auch von unterschiedlichen Personen oder Teams entwickelten, Anwendungen eröffnet. Die Möglichkeit des Datenaustauschs zwischen diesen Modulen ist zwar eingeschränkt, prinzipiell aber lösbar. Darüber hinaus bieten die untersuchten Systeme Schnittstellen, um externe Link-Bibliotheken oder Applikationen einzubinden.

Erweiterbarkeit und Flexibilität: Insgesamt läßt sich feststellen, daß die von uns eingesetzten Hypermedia-Entwicklungssysteme (Hypercard und ToolBook) sehr gut für die Prototypenentwicklung geeignet sind. Wird ein solcher Prototyp im Sinne einer inkrementellen oder evolutionären Sy-

stementwicklung weiter ausgebaut, so ist zu vermuten, daß sich bei größeren Projekten der Zeitvorteil gegenüber anderen Entwicklungssystemen (z.B. C++-Entwicklungsumgebung mit Applikation-Framework) signifikant verringert. Wie die Studien gezeigt haben, markiert der CNC-Simulator bereits die Grenze dessen, was sinnvoll mit Hypermedia entwikkelt werden kann.

2.4. Literatur

Asymetrix Corporation (1991): OpenScript - Benutzerhandbuch. Washington USA.

Asymetrix Corporation (1991): ToolBook - Benutzerhandbuch. Washington USA. 1991

Booch, G. (1991): Object-Oriented Design with Applications. Redwood, Cal.

Frauenstein, Th. /Pape, U. /Wagner, O. (1990): Objektorientierte Sprachkonzepte und Diskrete Simulation. Berlin, Heidelberg

Gloor, P. A.(1990): Hypermedia - Anwendungsentwicklung. Stuttgart

Gloor, P. A./ Streitz, N. A. (Hrsg) (1990): Hypertext und Hypermedia. Informatik-Fachberichte 249. Heidelberg.

Meyer, B.(1990): Objektorientierte Softwareentwicklung. München

Riley, F.(1993): Understanding IT: A Review of Hypermedia Authoring Packages. University of Hull. Online URL: http://www.hull.ac.uk/Hull/ITTI/hullprod.html

Meyer, Ch./ Rauterberg, M./ Strässler, M. (1991): Ein Bewertungsschema für HyperText-Systeme und ein vergleichender Überblick über HyperTies, HyperPad, HyperCard und Guide. In: Encarnacao, J. (Hrsg.) (1991): Telekommunikation und multimediale Anwendungen der Informatik GI-21. Jahrestagung Darmstadt, 14.-18. Oktober 1991 Proceedings. S. 554ff

Müller, D. (1989): "CNCSim" - Grafisch - interaktiver CNC - Simulator. Bedienungshandbuch. Bremen 1987.

3. Studien zur Implementierung portabler Prozeßsimulationen mit Techniken der objektorientierten Software-Entwicklung und Parallelprogrammierung

Die zentrale Forschungsfrage dieser Studie bestand darin zu untersuchen, inwieweit die *Implementation* prozeßorientierter Simulatoren, die Steuerungs- und Regelungsprozesse von technischen Systemen, Maschinen oder Anlagen abbilden, durch fortgeschrittene Softwaretechniken, wie z.B. Objektorientierung und Parallelprogrammierung unterstützt wird. Vor dem Hintergrund, daß im Rahmen des Modellversuches wesentlich auch Lernsoftware von den beteiligten Lehrern entwickelt wurde, war auch eine Einschätzung aus dieser Perspektive von Bedeutung.

Die Realisierung prozeßorientierter Simulatoren (vgl. Keller 1988) stellt hohe Anforderungen an die einzusetzenden Implementierungssprachen:

- Prozeßorientierte Modelle bestehen insbesondere aus interagierenden Prozeßobjekten. Zur Realisierung solcher Simulationsprozesse muß die Sprache Ausdrucksmittel für nebenläufige Prozesse haben. Nebenläufigkeit erfordert außerdem Mechanismen zur Kommunikation und Synchronisation von Prozeßobjekten.
- Die Implementierung komplexer prozeßorientierter Simulatoren ist praktisch nur durchführbar, wenn eine geeignete Simulationsunterstützung in der Sprache selbst oder als Bibliothek zur Verfügung steht. Dazu gehören z.B. Ereignis- und Prozeßverwaltung, Zufallszahlengeneratoren, Algorithmen für statistische Auswertungen und Visualisierungsfunktionen.
- Zur Modellierung der in der Simulation vorkommenden Daten sollten simulationsspezifische Datentypen und -strukturen gebildet werden können.

Aufgrund dieser Anforderungen wird deutlich, daß komplexere Prozeßsimulationen nicht mit skriptbasierten Hypermedia-Entwicklungssystemen möglich sind. Unter Berücksichtigung vergleichender Bewertung ver-

schiedener Sprachkonzepte für die Simulationsentwicklung (Frauenstein/ Pape/Wagner 1990) wählten wir die Sprache Smalltalk-80.

3.1. Prototypische Realisierung einer verteilten Automatisierungslösung

Gegenstand der konkreten Realisierung war die Implementation einer Prozeßsimulation, mit der Schülerinnen bzw. Schüler das komplexe Verhalten einer geregelten Heizungsanlage simulieren können. Möglich ist die Modellierung eines Systems bestehend aus einem Heizkessel (einschließlich Brenner, Pumpe, Ölventil und Zündeinrichtung) sowie drei Wohnräumen mit entsprechenden Heizkörpern und Thermostatventilen (vgl. Abb. 3-1).

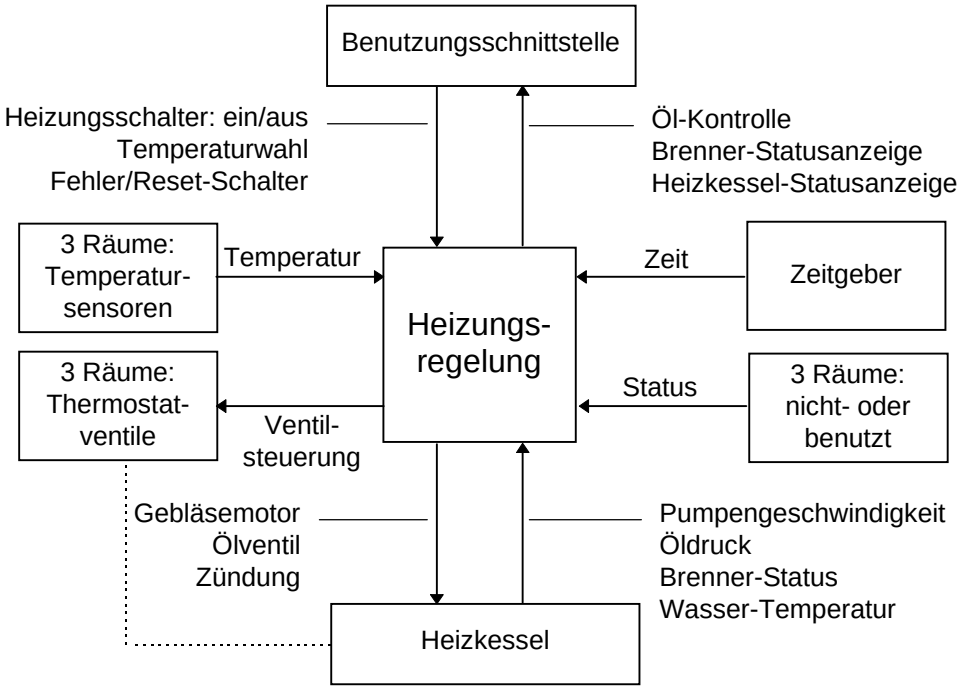


Abb. 3-1: System-Diagramm einer Heizungsregelung in Anlehnung an Booch (1991, S. 223)

Durch gezielte Manipulation einzelner Parameter können verschiedene Zustände abgebildet werden. Die Software wurde mit der Entwicklungsumgebung Objectworks\Smalltalk-80 erstellt (vgl. Heinze 1993). Die Anforderungsdefinition und Teile der Modellierung sind dem Buch "Object-Oriented Design with Applications" (Booch 1991, S.222-280) entnommen.

Das System ist ein anschauliches Beispiel dafür, wie mit Hilfe verteilter Sensoren und Aktoren eine 'intelligente' Regeleinrichtung simuliert werden kann. Durch Hinzufügen von Klassen, die reale Temperaturfühler, Ventile und Brenner ansprechen können (z.B. über RS232), lassen sich reale Heizungsprozesse regeln. Voraussetzung ist natürlich, daß entsprechende Aktoren und Sensoren über eine Schnittstelle mit einem Rechner gekoppelt werden. Die erstellte Software ist in ihren Grundzügen für eine solche Prozeßkopplung ausgelegt. Die Abb. 3-2 zeigt die Prozeßsimulation, die einzelnen Temperaturanzeigen werden jeweils in verschiedenen Fenstern visualisiert.

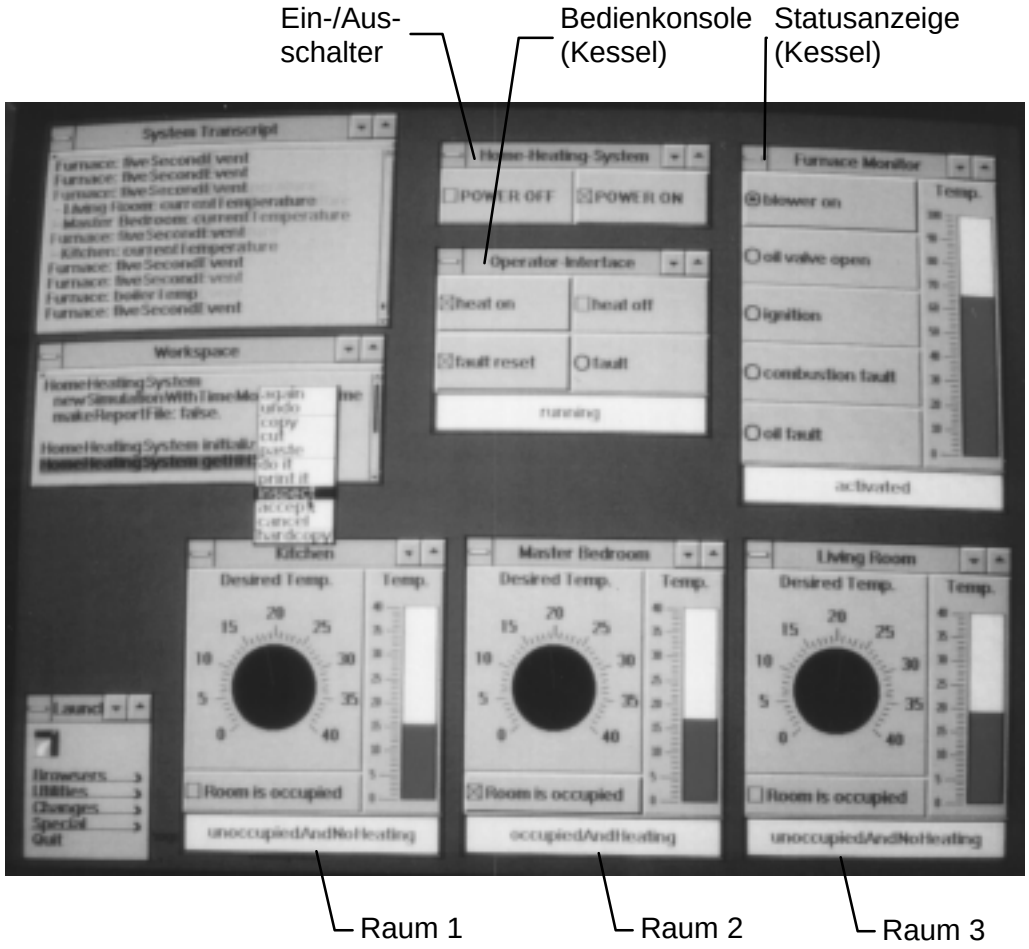


Abb. 3-2: Prozeßsimulation am Beispiel einer Heizungsregelung

3.2. Erfahrungen mit Smalltalk-80

Unsere Erfahrungen mit Smalltalk sind zwiespältig: Einerseits ist das Grundkonzept von Smalltalk klar und mächtig; viele Problemlösungen aus dem Bereich der Simulation können elegant und einfach auf den Rechner (er erscheint hier als Smalltalk-80-Maschine) übertragen werden. Andererseits ergeben sich bei Implementierung komplexer Problemlösungen doch Probleme, besonders bezüglich der Handhabbarkeit des Smalltalk-Systems. Einige wichtige Punkte sollen im folgenden näher erläutert werden.

In Smalltalk-80 ist die Semantik vieler System- und Standardklassen meist nur in Form von Kommentaren im Quelltext des Smalltalk-Systems selbst beschrieben, ein intuitives Verständnis wird vorausgesetzt. Die Funktionalität der verschiedenen Nachrichten ist häufig nur durch kleine Beispiele charakterisiert; endgültige Klarheit liefert dann nur ein Blick in die Implementierung. Darüber hinaus kann Smalltalk-80 nicht als eine fest definierte Programmiersprache beschrieben werden, da aufgrund der Integration des gesamten Systems prinzipiell jedes modifizierte oder neu erzeugte Objekt direkten Einfluß auf die Sprache hat. Problematisch ist nach unserer Erfahrung auch das Polymorphismuskonzept von Smalltalk: In Smalltalk-80 kann jedes ererbte Attribut ohne Restriktionen in einer Unterklasse neu definiert werden, womit alte Definitionen *völlig* überdeckt werden. Da Redefinitionen nicht verhindert und Fehler dann nur schwer und meist nur während der Laufzeit des Programms erkannt werden können, ergeben sich, wie wir erfahren mußten, massive Probleme für Nicht-Experten beim Umgang mit diesem System.

Dan Ingalls, der führende Architekt des Smalltalk-Systems, charakterisiert Smalltalk wie folgt: "the purpose of the Smalltalk project is to support children of all ages in the world of information. The challenge is to identify and harness metaphors of sufficient simplicity and power to allow a single person to have access to, and creative control over, information which ranges from number and text through sounds and images" (Ingalls, p. 9). Die ursprüngliche Idee Ingalls, Kindern das Arbeiten mit Computern auf der Ebene ihrer Programmierung mit Hilfe von Smalltalk leicht erlernbar zu machen - wir wollen an dieser Stelle von einer Diskussion über den pädagogischen Sinn solcher Intentionen absehen - ist nach unseren Erfahrungen als illusorisch anzusehen. Da das Smalltalk-80-System für Nicht-

Experten enorme Hürden aufbaut, erscheint es u.E. nicht angebracht, dieses System in Lernsoftware-Entwicklungsprojekten einzusetzen, in denen auch Lehrkräfte neben ihrer Unterrichtstätigkeit gerne kleine Anwendungen anpassen oder selbst erstellen möchten. Darüber hinaus waren die Einbindungsmöglichkeiten einer Smalltalk-80-Anwendung in eine vorhandene Hypermedia-Applikation mit Problemen verbunden: Es zeigte sich, daß aufgrund der eigenen, mit einer spezifischen Benutzungsoberfläche ausgestatteten Laufzeitumgebung des Smalltalk-Systems keine homogene Integration möglich war.

3.3. Literatur

Booch, G. (1991): Object-Oriented Design with Applications. Redwood, Cal.

Bruns, F. W.(1990): Die Simulation als Qualifikationsmittel; In: 3. Sachbericht - Modellversuch "Roboter als CIM-Komponenten in der beruflichen Bildung", Bremen, S.157 ff.

Frauenstein, Th. /Pape, U. /Wagner, O. (1990): Objektorientierte Sprachkonzepte und Diskrete Simulation. Berlin, Heidelberg

Heinze, D. (1993): Prototypische Realisierung einer verteilten Automatisierungslösung im Netz. Implementierung und Dokumentation. Forschungszentrum Arbeit und Technik. Universität Bremen.

Ingalls, D.: The Smalltalk-76 Programming System Design and Implementation. Proceedings of the Fifth Annual ACM Symposium on Principles of Programming Languages, ACM, p. 9

Keller, H. B. (1988): Echtzeitsimulation zur Prozeßführung komplexer Systeme. Berlin, Heidelberg

Meyer, B.(1990): Objektorientierte Softwareentwicklung. München

Dieter Müller, Eckhard Meier, Achim Heimbucher

4. Untersuchungen zur Interaktion

Die im folgenden beschriebenen Software-Prototypen sind im Anschluß an die zuvor dargestellten Studien zur Implementierung von Simulationen entstanden. Untersucht wurden auch hier technische Realisierungsmöglichkeiten. Allerdings nicht unter dem Gesichtspunkt der Handhabbarkeit der eingesetzten Entwicklungssysteme bezüglich der Implementierung von Simulatoren. Vielmehr wurden verschiedene Möglichkeiten bezüglich der Implementierung von *interaktiven* Dialogschnittstellen erforscht.

Das Ausmaß und die Qualität der in einer Lernsoftware implementierten Interaktionsoptionen sind zentrale didaktische Gütekriterien, denn die "Interaktivität eines Systems" legt prinzipiell fest, welche Eingriffs- und Steuermöglichkeiten sich für den Lernenden eröffnen. Interaktivität läßt sich lernpsychologisch gesehen in einem Bereich von totaler Kontrolle des Lernprozesses durch das Rechnersystem bis relativer Offenheit des Lernprozesses (Kontrolle des Systems durch den Lernenden) einordnen. Das Ausmaß der Beschränkungen von Interaktionsmöglichkeiten hängt wesentlich von der Gestaltung der Ablaufsteuerung und der Dialoggestaltung ab. Die lernpsychologische Dimension der Interaktion im Zusammenhang mit hypermediagestützten Simulationssystemen wird hier nicht analysiert, sie wird an anderer Stelle in diesem Bericht angesprochen (vgl. Kap. II), empirische Befunde zu dieser Problematik finden sich auch in Kap. VI und VII.

4.1. 'Interaktives' Buch

In dieser Studie sollen einige Punkte, die für das Design eines elektronischen Buches von Bedeutung sind, untersucht werden. Die Anwendung demonstriert das Konzept eines interaktiven Lehrbuches auf der Basis eines Hypertextes (vgl. Abb. 4-1). Implementiert wurde eine kleine Lernsequenz zum Thema "Berechnung der Auflagerkräfte mit Hilfe des Hebelgesetzes". Wie mit einem gewöhnlichen Lehrbuch kann man mit diesem elektronischen Buch vieles machen, was mit einem normalem Lehrbuch

selbstverständlich ist, wie z.B. das Buch aufschlagen, im Inhaltsverzeichnis suchen, zu einer bestimmten Seite blättern, darin lesen usw. So gesehen ist der handelnde Umgang mit diesem virtuellen Buch auch eine Form von Interaktion, wenn auch in einer reduzierten Weise. Die zentrale Untersuchungsfrage bestand nun aber darin, explorativ zu erkunden, worin die neue Qualität dieser Anwendung gegenüber einem gewöhnlichem Lehrbuch besteht (vgl. Riehm/Wingert 1995, S.189). Neben möglichen Such-, Analyse- und Verarbeitungsfunktionen, die ein hypertextbasiertes Buch bietet, interessierten uns deshalb insbesondere auch die Implementation zusätzlicher Interaktionsmöglichkeiten (z.B. Variation verschiedener Parameter wie Kräfte und Hebelarmlängen mit Hilfe der Maus bzw. der Tastatur) sowie die Implementation dynamischer Darstellungsfunktionen. Es wurden drei ähnliche Prototypen mit verschiedenen Entwicklungssystemen (ToolBook, Macromind-Director, Java-Applet) erstellt.

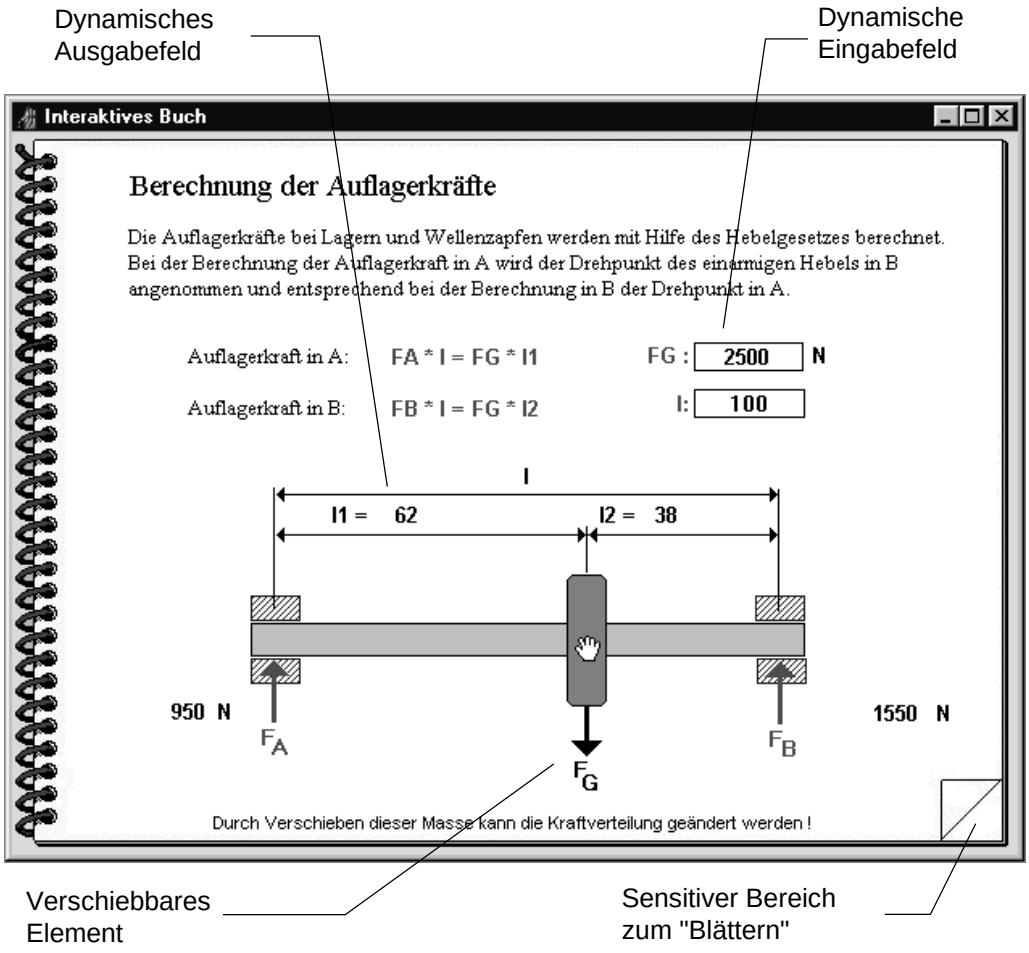


Abb. 4-1: 'Interaktives' Buch

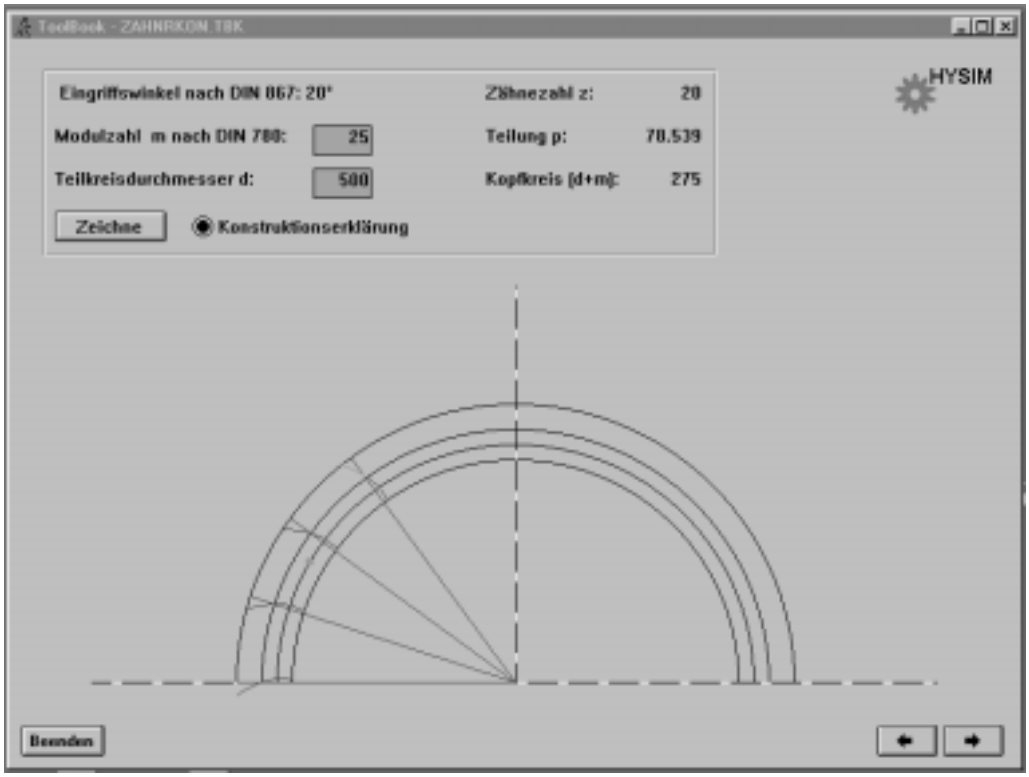
4.2. Zahnradkonstruktion

Diese Anwendung wurde als eine interaktive Lernhilfe für die Konstruktion von Zahnrädern entwickelt: Der Lernende kann mit Hilfe einzugebender Parameter (Modul, Zähnezahl und Teilkreisdurchmesser) ein Zahnrad konstruieren, dabei werden die einzelnen Schritte des Konstruktionsprozesses genau erläutert. Der zeitliche Ablauf der einzelnen Konstruktionsschritte wird vom Benutzer bestimmt, der logische Ablauf wird allerdings im Wesentlichen vom System vorgegeben. Der Lernende hat zusätzlich die Möglichkeit, mit Hilfe des Programms etwas über die mathematischen Hintergründe von Zahnradkonstruktionen zu erfahren. Die Anwendung wurde mit einem Hypermedia-Entwicklungssystem implementiert. Zentraler Forschungsgegenstand dieser Studie war die explorative Analyse interaktiver Simulationen zur Erstellung von technischen Zeichnungen innerhalb hypermediagestützter Anwendungen (vgl. Abb. 4-2).

4.3. Interaktives Puzzle

Direkt in Verbindung mit dem vorhergehendem Animationsbeispiel steht eine kleine Anwendung, mit deren Hilfe den Benutzern der Aufbau einer technischen Zeichnung vermittelt werden soll. Als Beispielzeichnung dient der untere Teil eines Pumpengehäuses, das in den üblichen drei Ansichten dargestellt werden soll. Die Anwendung ist als ein Puzzle aufgebaut (vgl. Abb. 4-3). Zunächst müssen mit Hilfe einer Maus die Grundformen der Zeichnung korrekt angeordnet werden. In einem zweiten Schritt folgt die Bemaßung der Zeichnung. Als Orientierungshilfe sind für den Anwender unsichtbare Einrastpunkte auf der Oberfläche angeordnet, die die korrekte Positionierung der Puzzleteile unterstützen sollen.

Die Einschätzung über den didaktischen Sinn einer solchen Anwendung war innerhalb der Projektgruppe sehr geteilt: Einige Projektmitarbeiter meinten, daß das auf wenig Systematik basierende "Zusammen-Puzzeln" einer Zeichnung fachdidaktischen Ansprüchen nicht gerecht wird. Da die Anwendung aus Zeitgründen nicht im Unterricht erprobt werden konnte, konnten auch Schüler diese Frage nicht beantworten.



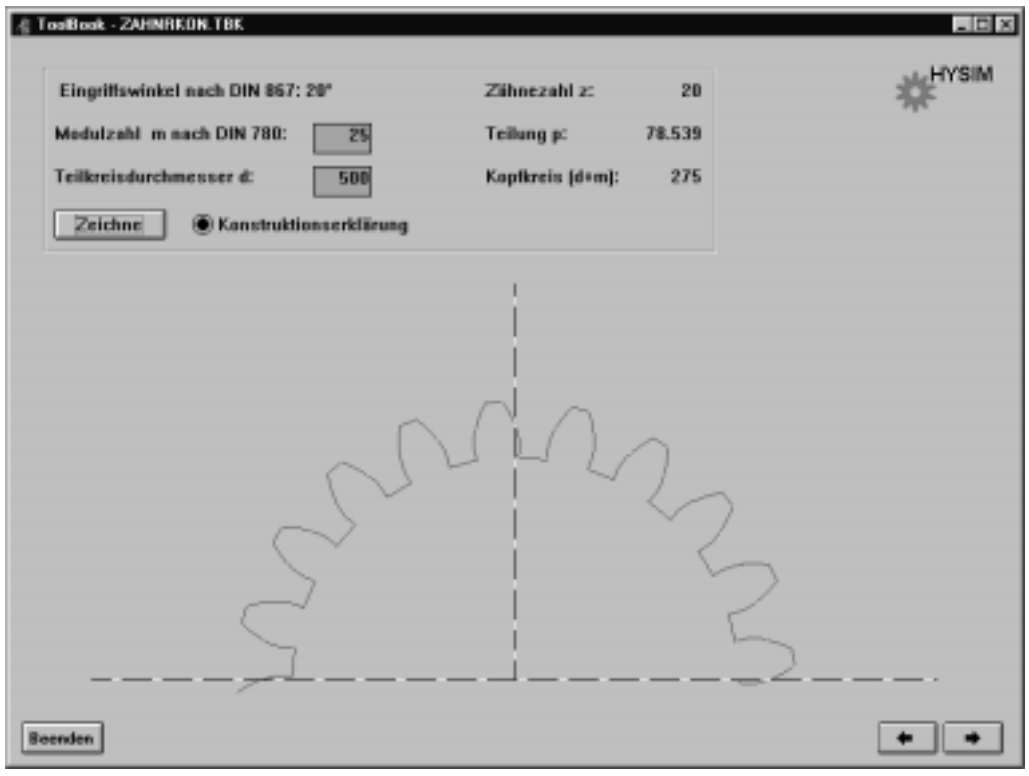


Abb. 4-2: Konstruktion eines Zahnrades

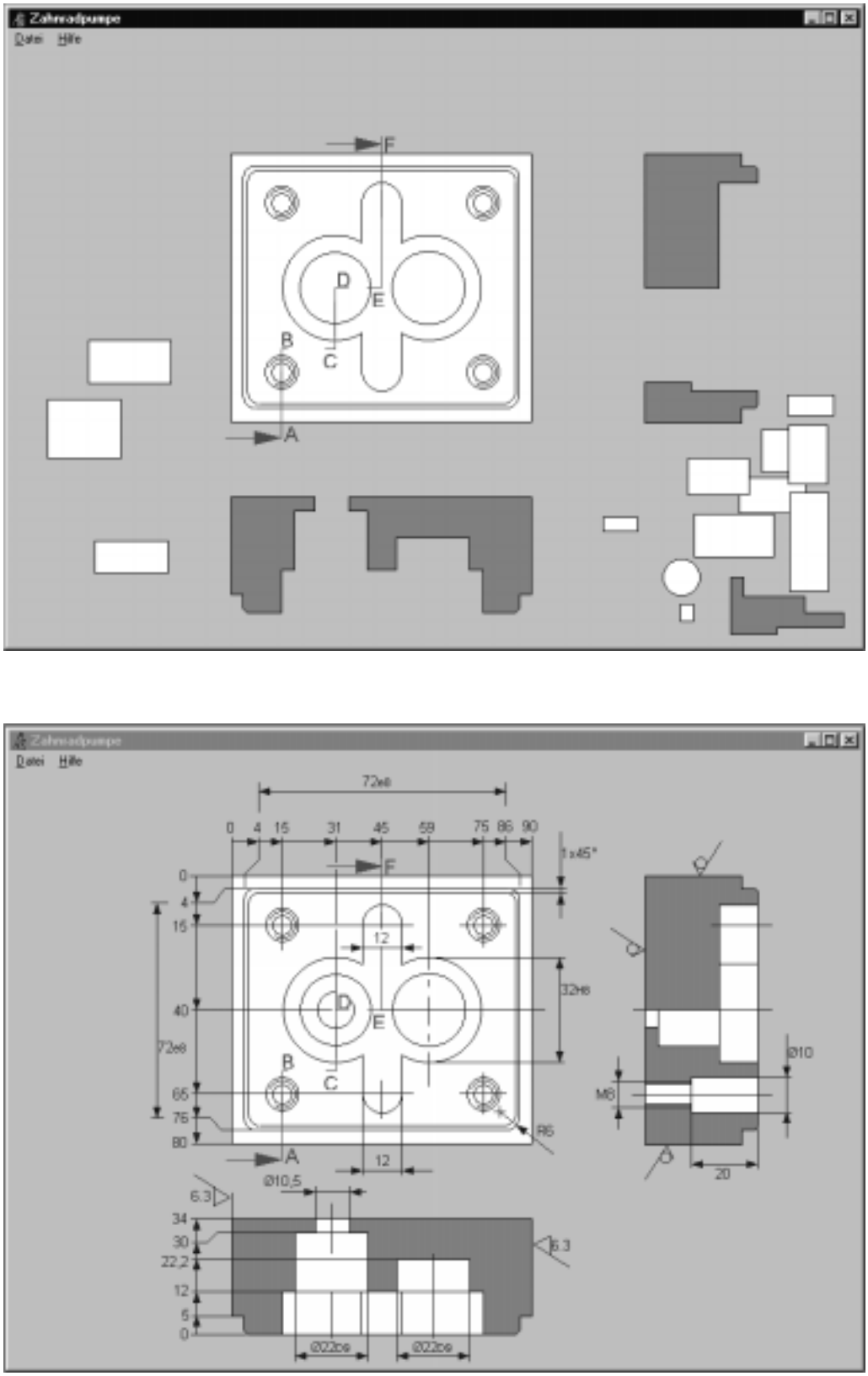


Abb. 4-3: 'Interaktives' Puzzle

4.4. Ergebnisse

Bezüglich der *technischen Realisierungsmöglichkeiten* haben die Studien zur Interaktion insbesondere drei Aspekte deutlich gemacht:

1. Die Implementation interaktiver Anwendungen im Sinne der beschriebenen Konzepte sind mit Hilfe von Hypermediasystemen möglich.
2. Der Aufwand für solche Anwendungen hält sich aufgrund der Mächtigkeit der eingesetzten Entwicklungssysteme in einem vertretbarem Rahmen.
3. Allerdings erfordert die Konzeption und Gestaltung bzw. Implementierung derartiger Anwendungen ein relativ hohes Maß an Fachwissen und Übung.

Diese Ergebnisse wurden später im Zuge der unterrichtsbegleitenden Softwareentwicklungen tendenziell bestätigt (vgl. Kap. VI). Die Erwartung derjenigen Pädagogen, die auf dem Gebiet der Informatik überwiegend Laien sind, an leicht zu erstellende Software für Unterrichtszwecke, ist aufgrund dieser Erfahrungen unrealistisch, zumindest wenn es um solche Anwendungen geht, wie wir sie hier exemplarisch beschrieben haben. Für Fachlehrerinnen und -lehrer, die in informatikbezogenen Unterrichtsfächern, wie Technische Informatik, Steuerungstechnik usw. unterrichten und damit entsprechende Fachkenntnisse mitbringen oder entsprechend qualifiziert sind, bieten Hypermedia-Entwicklungssysteme durchaus interessante Gestaltungsmittel für kleine Software-Anwendungen.

4.5. Literatur

Issing, L. / Klimsa,P. (Hrsg.) (1995): Information und Lernen mit Multimedia. Weinheim

Riehm, U. / Wingert, B.(1995): Multimedia - Mythen, Chancen und Herausforderungen, Mannheim

Strzebkowski, R. (1995): Realisierung von Interaktivität und multimedialen Präsentationstechniken. In: Issing,L. /Klimsa (1995). S. 269ff

Achim Heimbucher, Dieter Müller, Eckhard Meier

5. Untersuchungen und Entwicklungen zur visuellen Darstellung, Orientierung und Navigation in Hyperstrukturen

Hypertexte bieten die Möglichkeit, netzartige Dokumentstrukturen aufzubauen: Informationen werden zu Themengruppen zusammengefaßt, die untereinander durch Hyperlinks verbunden werden. Dieses Konzept schafft eine Möglichkeit, Inhalte nach thematischen Schwerpunkten zu gliedern und die so entstehenden Themenbereiche untereinander zu verbinden. Auf diese Weise können Informationsstrukturen mit komplexen Querbeziehungen zwischen einzelnen Informationsblöcken aufgebaut werden (vgl. Kap. II).

Hypermedia-Entwicklungssysteme stellen dabei zunächst nur ein rein technisches Hilfsmittel zur Verfügung, unabhängig von den in der Anwendung darzustellenden Inhalten. Dementsprechend ergeben sich für die Softwareentwicklung breite Spielräume und für die Gestaltung von Benutzungsoberflächen einer Hypermedia-Anwendung unter anderem folgende Probleme:

- Bei der Gestaltung der Benutzungsoberfläche muß berücksichtigt werden, daß der thematische Zusammenhang zwischen Informationseinheiten innerhalb einer Hypermedia-Anwendung durch eine entsprechende visuelle Darstellung verdeutlicht wird.
- In der symbolisch-räumlichen Umgebung eines Hypermedia-Systems benötigt der Benutzer Navigationshilfen, ähnlich wie in tatsächlichen Räumen.
- Reichhaltige Navigationshilfen können auch von den eigentlichen Lernzielen ablenken und die Aufmerksamkeit auf die Programmbedienung statt auf die Inhalte lenken[1].

[1] In einer Evaluation dreier Hypertext-Bücher trat genau dieser Effekt ein (vgl. Jonassen 1989).

5.1. Entwicklung eines Hypermedia-Frameworks

Das Ziel der ersten Untersuchung zur visuellen Darstellung und Orientierung in Hyperstrukturen bestand darin, obige Problembereiche explorativ zu erkunden. Darüber hinaus sollte geprüft werden, inwieweit mit Hilfe eines universellen Hypermedia-Navigationsrahmens auf der Basis eines generischen Frameworks spätere Entwicklungen innerhalb des Projektes effektiviert werden könnten. Dabei gingen wir davon aus, daß es mit Hilfe eines Frameworks prinzipiell möglich ist, die Struktur oder das abstrahierte Design für die Lösung einer bestimmten Hypermedia-Anwendung zu realisieren, ohne daß der Quellcode der Framework-Objekte bei einer weiteren Verwendung modifiziert werden muß (vgl. Johnson 1988).

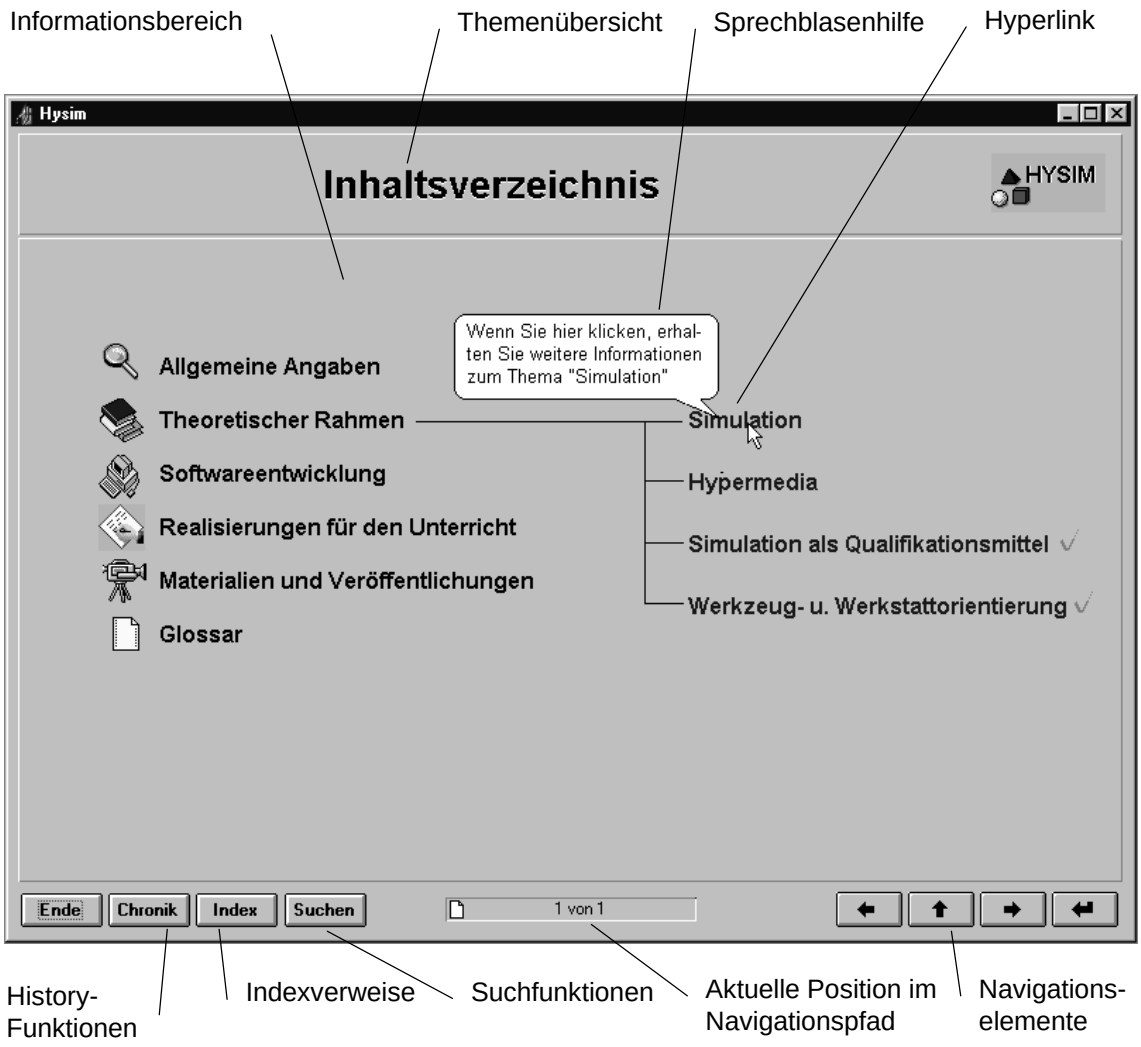


Abb. 5-1: Benutzungsoberfläche eines Navigationsrahmens

Der zu Anfang der Prototypen-Entwicklung definierte Anforderungskatalog enthielt alle für eine Hypermedia-Anwendung notwendigen Bedienungselemente, wie Navigations-Buttons, History-Funktionen, Suchfunktionen und eine interaktive Hilfe-Funktion. Darüber hinaus sollten alle für die Einbindung verschiedener Medien (Grafik, Sound, Bewegtbilder usw.) notwendigen Software-Funktionen implementiert werden. Entsprechend dieser Anforderungsdefinition wurde mit der Entwicklung eines Hypermedia-Navigationsrahmens begonnen.

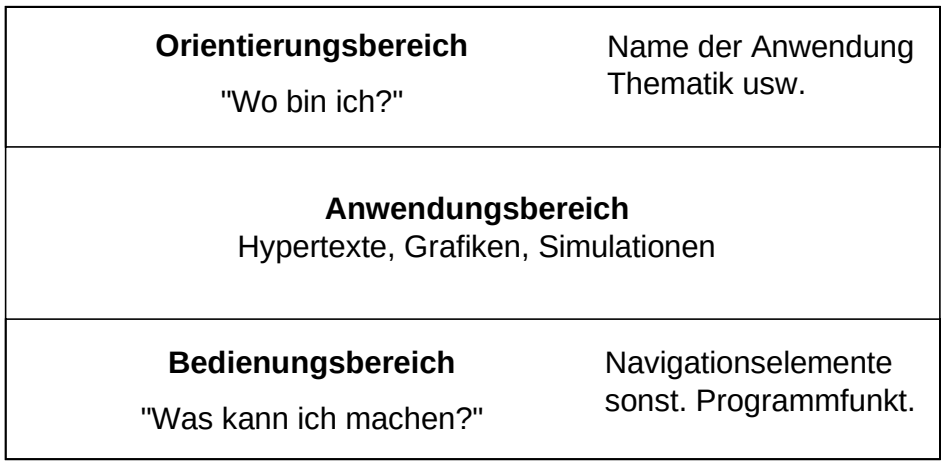


Abb. 5-2: Schematisches Bildschirm-Layout des Navigationsrahmens

Abb. 5-2 zeigt die Benutzungsoberfläche des entwickelten Prototypen. Der Bildschirm (vgl. Abb. 5-2) wurde in drei Bereiche gegliedert: Der *Orientierungsbereich* enthält Informationen darüber, in welchem Themenbereich sich der Benutzer befindet. Der *Anwendungsbereich* enthält die spezifischen Daten der jeweiligen Anwendungen, also informative Hypertexte, Bildmaterialien, Simulationen usw. Der *Bedienungsbereich* stellt verschiedene allgemeine Programmfunktionen, die für die gesamte Hypermediaumgebung vorhanden sind (Navigation, Suche, History-Funktion usw.), zur Verfügung.

Die für eine Hypermedia-Anwendung bedeutsamen *Navigationselemente* befinden sich rechts innerhalb des Bedienungsbereiches. Implementiert wurden folgende Navigations-Funktionen:

- Pfeil links: Zurück zur vorherigen Seite bzw. Informationsknoten des aktuellen Themenbereiches,

- Pfeil nach oben: Sprung zur ersten Seite des übergeordneten Themas bzw. zum ersten Informationsknoten in der nächst höher gelegenen Hierarchieebene,
- Pfeil rechts: Weiter zur nächsten Seite bzw. zum nächsten Informationsknoten im aktuellen Themenbereich,
- Gebogener Pfeil: Zurück zur zuletzt gelesenen Seite bzw. Informationsknoten im aktuellen Themenbereich.

Am Fensterrand links befinden sich weitere Buttons mit zusätzlichen Funktionen. Die Schaltfläche "Chronik" ermöglicht das Anzeigen einer *History*. Die History beinhaltet ein Aufzeichnen (Trace) derjenigen Benutzeraktionen, die die aktuelle Lokalisierung des Benutzers in der Hypermediaumgebung sprunghaft verändern, wie zum Beispiel das Verfolgen eines Verweises (engl. links) oder das Starten von Anwendungen innerhalb der Hypermediaumgebung. Durch den implementierten History-Tracer kann der Benutzer jederzeit seinen Weg durch die Dokumente zurückverfolgen bzw. auch zu ihnen zurückkehren. Mit Hilfe des Button "Index" kann zum Index bzw. zur Inhaltsübersicht verzweigt werden. Ein weiterer Button ermöglicht die Suche über Inhaltsverzeichnisse, Schlagworte und im Volltext (Stichworte). Um die Orientierung zu erleichtern, befindet sich auf jedem Hypertext-Dokument eine Information zur aktuellen Position im Navigationspfad. Darüber hinaus wurde eine *Sprechblasen-Hilfe* implementiert, die nach einer kurzen Verweilzeit mit der Maus über einem sensitiven Element aktiviert wird.

5.2. Untersuchungen zur visuellen Darstellung und Orientierung in dreidimensionalen virtuellen Räumen

Benutzungsoberflächen herkömmlicher Art bieten aufgrund ihrer grafischen Repräsentation (Buttons, Icons, Hyperlinks) häufig schwer verständliche Bezüge zu den dahinter verankerten Inhalten. Im Zuge der prototypischen Studien zur visuellen Darstellung und Orientierung in Hyperstrukturen zeigten sich die Defizite derartiger Darstellungen. Deshalb dachten wir über andere Formen der Visualisierung nach, insbesondere über Fragen der Visualisierung dreidimensionaler Hypermedia-Strukturen. Untersucht wurde, ob Benutzungsoberflächen mit dreidimensionalen Darstellungen einer Werkstattumgebung geeigneter sind als zweidimensionale,

wie sie in relativ abstrakter piktogrammatischer Form in üblichen Hypermedia-Umgebungen verwendet werden. Dieser Schritt zu *mimetischeren* Darstellungsformen wurde zur Zeit unserer Planungen (ca. 1992) schon bei Computerspielen und aufwendigen Animationen verwendet und ist heute durch neue Techniken und Standards wie z.B. VRML (vgl. Summit / Summit 1996) fast schon selbstverständlich geworden.

Erste experimentelle Schritte führten dazu, dreidimensionale Darstellungen in unterschiedlichen Abstraktions- bzw. Konkretionsstufen zu entwerfen und als Hypertext- und interaktive Animationen auszuprobieren. Die erste Stufe bestand in überwiegend linear gehaltenen dreidimensionalen Illusionsbildern, zwischen und in denen man verzweigen und "wandern" kann, das heißt, die nicht nur eine optische sondern auch eine funktionale "Tiefe" haben; in einer zweiten Stufe haben wir denselben Prozeß mit fotografischen Bildern einer wirklichen Werkstatt dargestellt.

5.3. Ergebnisse

Der Versuch, ein *universelles* Framework zu entwickeln, welches für weitere im Verlaufe des Projektes zu implementierende Hypermedia-Anwendungen *ohne* aufwendige Anpassungsarbeiten, genutzt werden konnte, ist nicht gelungen. Die Gründe hierfür liegen in den technischen Beschränkungen skriptbasierter Hypermedia-Entwicklungssysteme. Zu nennen sind hier z.B. folgende Restriktionen:

- Es bestehen nur reduzierte Möglichkeiten der Datenkapselung und Modularisierung innerhalb von Anwendungen.
- Die Erweiterung der vorgegebenen Objekthierarchie ist kaum möglich.
- Es können während der Laufzeit einer Anwendung keine neuen Instanzen generiert werden.

Aus zeitlichen Gründen mußte darauf verzichtet werden, ein entsprechendes Framework mit einer geeigneteren Programmiersprachen zu reimplementieren.

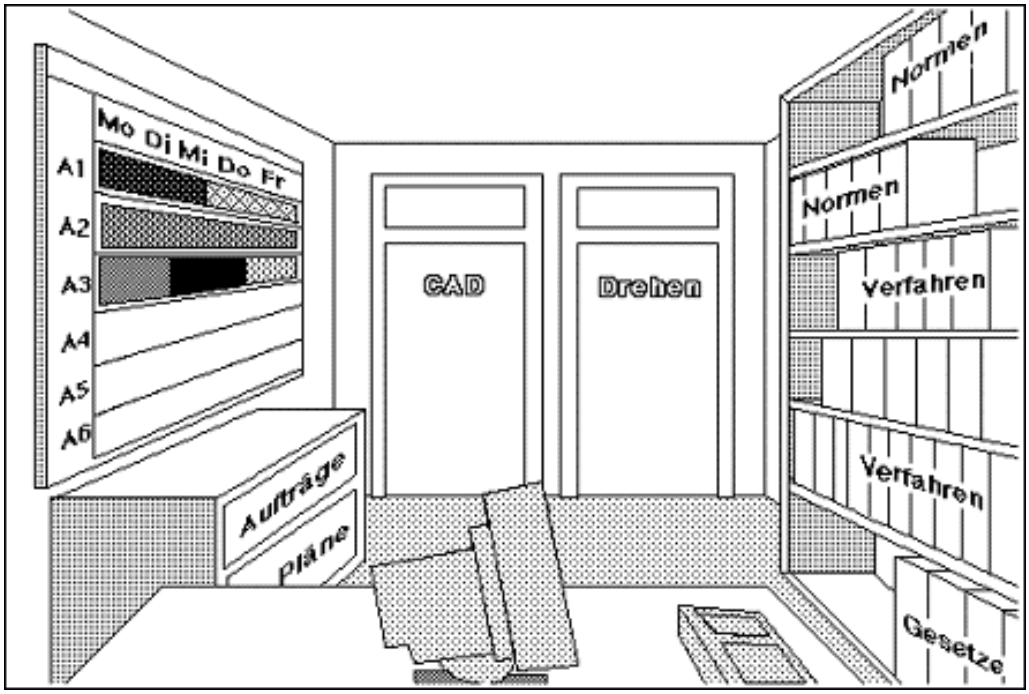


Abb. 5-3: Darstellung eines Planungsbüros, von dem aus man in ein Konstruktionsbüro und in die Werkstatt verzweigen kann

Abb. 5-4: Darstellung eines Konstruktionsbüros

Leider mußten auch die Untersuchungen zur visuellen Darstellung und Orientierung in dreidimensionalen virtuellen Räumen aufgrund des hohen Aufwands, welcher mit der Erstellung einer komplexen dreidimensionalen Benutzungsoberfläche verbunden ist, nach einigen Versuchen (vgl. Abb. 5-3 u. Abb. 5-4) eingestellt werden. Ob die Verwendung dreidimensionaler Darstellungen überhaupt Vorteile bringt oder als Rückschritt angesichts der inzwischen erreichten Ästhetik der Visualisierung von Benutzungsoberflächen zu werten ist, bleibt auch heute noch eine offene Frage.

Aus software-ergonomischer Sicht waren die durchgeführten Studien sehr aufschlußreich, weil sie deutlich machten, daß die *ästhetische Seite* bei der visuellen Gestaltung von Benutzungsoberflächen für Hypermedia-Anwendungen im wesentlichen auch eine *funktionale* Bedeutung hat: Insbesondere bei komplexen Hyperstrukturen trägt eine sorgfältig gestaltete Benutzungsoberfläche dazu bei, Beziehungen zwischen Informationen zu verdeutlichen und die Orientierung des Benutzers zu unterstützen, ohne dabei aufdringlich zu wirken. Die visuelle Darstellung muß sich auf das Wesentliche beschränken und die Information in den Mittelpunkt stellen. Nicht alles, was spektakulär und technisch realisierbar ist, sollte implementiert werden.

5.4. Literatur

Bruns, F. W. / Heimbucher, A. / Müller, D. (1993): Ansätze einer erfahrungsorientierten Gestaltung von Rechnersystemen für die Produktion, Universität Bremen, artec-Arbeitspapier 21

Gloor, P. A.: Hypermedia - Anwendungsentwicklung. Stuttgart 1990

Jonassen D., H. (1989): Hypertext/Hypermedia. Buch mit Diskette. Englewood Cliffs, M.J.: Educational Technology

Riehm, U. / Wingert, B.(1995): Multimedia - Mythen, Chancen und Herausforderungen. Mannheim

Summit, P./ Summit, S.: (1996): Creating Cool 3D-Web Worlds with VRML, IDG Books

Achim Heimbuche, Eckhard Meier, Dieter Müller

6. Untersuchungen zur Visualisierung dynamischer Prozesse mit Mitteln der Animation und Videoeinbindung

Die Bedeutung bildhaft-anschaulicher Informationen für den Lernprozeß wurde bereits angesprochen und aus lernpsychologischer Sicht kommentiert (vgl. Kap. II). In diesem Abschnitt sollen verschiedene prototypische Studien vorgestellt werden, in denen wir hauptsächlich die technischen Möglichkeiten zur Visualisierung von dynamischen Prozessen mit Mitteln der Animationen erforscht haben. Insbesondere interessierte uns die Frage, welche Problematiken bei der Gestaltung von Animationssequenzen entstehen, um dynamische Prozesse einprägsamer und leichter wahrnehmbar darzubieten als dies mit statischen Bildern möglich ist. Darüber hinaus wurden die Einbindungsmöglichkeiten in eine hypermediale Mehrebenensimulationsumgebung (vgl. hierzu auch Kap. II) untersucht.

Die Entwicklung der Animationen erfolgte mit verschiedenen Animationstools (u.a. 3D-Studio/Autodesk-Animator, Macromind Director, ToolBook), für die Bearbeitung des Videomaterials wurden gängige Tools unter MS Windows (vgl. Behr /Bertuch 1993) eingesetzt. Die folgenden Beispiele beschreiben einige der Realisierungen, die experimentell untersucht wurden.

6.1. Flüssigkeitsströmungen in einer Zahnradpumpe

Mit dieser Animation werden die Strömungsverhältnisse in einer Zahnradpumpe veranschaulicht. Dabei wird gezeigt, wie die Flüssigkeit zwischen der Gehäuseaußenwand und den Zahnrädern entlang geführt wird (vgl. Abb. 6-1). Außerdem kann anhand der Animation das Problem der Quetschflüssigkeit beim Ineinandergreifen der Zahnräder dargestellt werden. Als Basis dieser Animation diente die Zeichnung einer Zahnradpumpe, die vorher von uns konventionell auf Papier erstellt worden war. Durch Einscannen und Nachbearbeiten des digitalisierten Materials mit Hilfe ei-

nes Bildbearbeitungsprogrammes entstand die Vorlage zu dieser Animation.

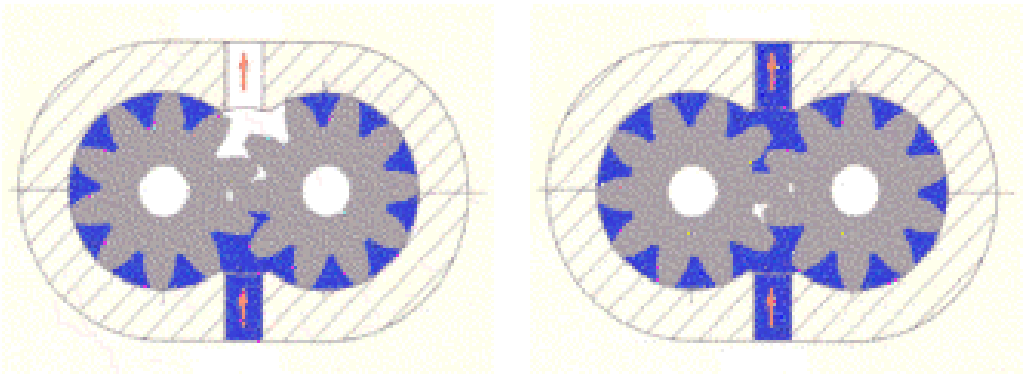


Abb. 6-1: Flüssigkeitsströmungen in einer Zahnradpumpe

6.2. Visualisierung einer Evolventenverzahnung

Als Beispiel einer dreidimensionalen Animation wurde der Abwälzvorgang zweier Zahnräder mit Evolventenverzahnung visualisiert. Bei der Animation wird der Druckpunkt, an dem die Zähne der zwei Zahnräder miteinander Kontakt haben, optisch hervorgehoben. Um dieses zu veranschaulichen, reicht auch eine statische Abbildung. Erst der Vorgang des Abrollens macht den Einsatz einer Animation sinnvoll. Da der Verlauf des Druckpunktes während der Bewegung der Zahnräder optisch hervorgehoben wird, läßt sich deutlich zeigen, daß sich der Abrollpunkt der Zähne auf einer linearen Bahn bewegt (vgl. Abb. 6-2).

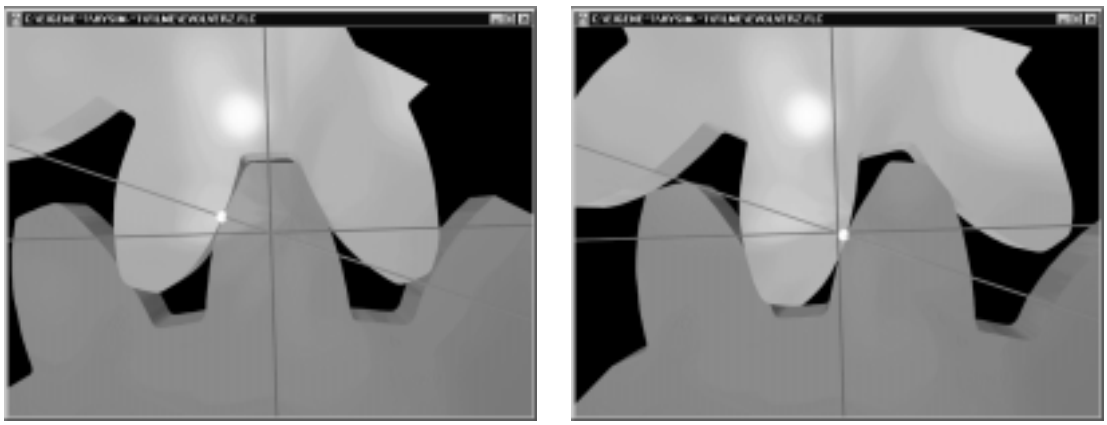


Abb. 6-2: Dynamische Visualisierung einer Evolventenverzahnung

6.3. Montage einer Zahnradpumpe

In dieser Animation werden die Komponenten einer Zahnradpumpe und deren Montage visualisiert. Begonnen wird mit den wichtigsten Bestandteilen, den zwei ineinandergreifenden Zahnrädern. In zwei weiteren Schritten folgt das Einsetzen der vier Laufbuchsen. Abschließend werden Boden und Deckel der Zahnradpumpe montiert. Bei dieser Animation wurde angestrebt, mit Hilfe der dreidimensionalen Repräsentation die abstrakten technischen Zeichnungen durch eine anschauliche Darstellung zu ergänzen. Das Hauptaugenmerk dieser Studie liegt im Gegensatz zu den bisherigen Animationen nicht nur auf der Visualisierung von Abläufen, sondern auch auf der räumlichen Darstellung eines komplexen Körpers.

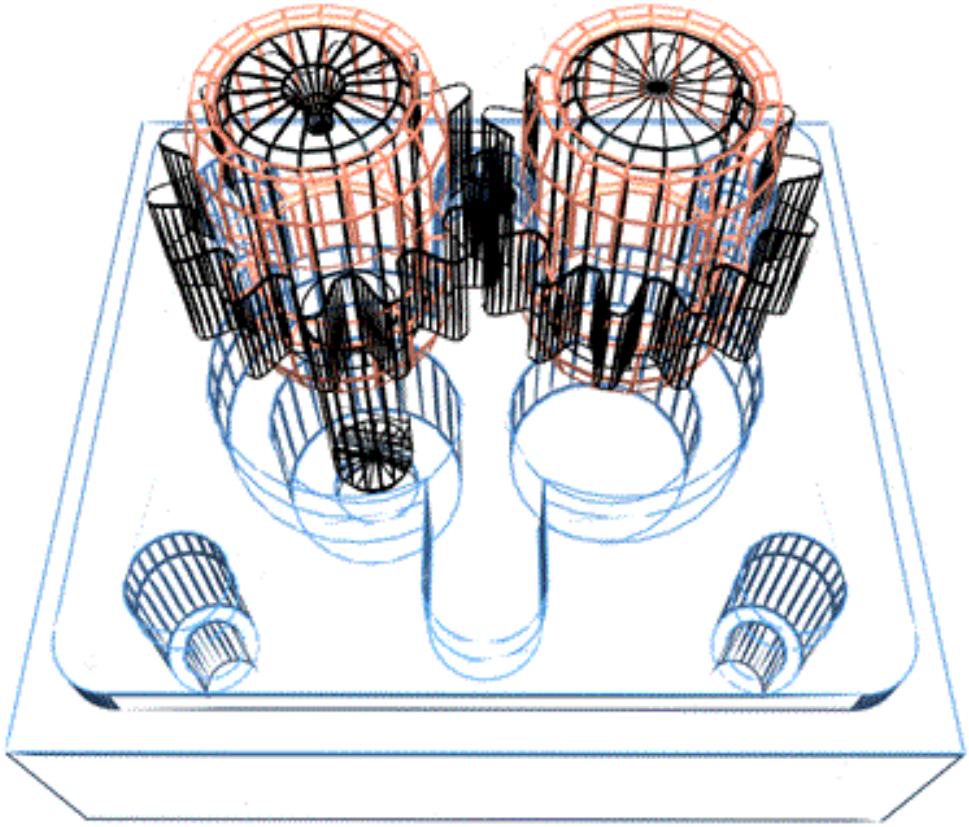


Abb. 6-3: Drahtmodell - Zahnradpumpe

Die Animation wurde mit Hilfe eines speziellen *Objekt-Modellers* erstellt. Für die Modellierung der einzelnen Objekte dienten 2D-CAD-Dateien als Vorlage. In weiteren Bearbeitungsschritten wurden die zweidimensionalen

technischen Zeichnungen in dreidimensionale Objekte transformiert (vgl. Abb. 6-3) und anschließend *gerendert*[1].

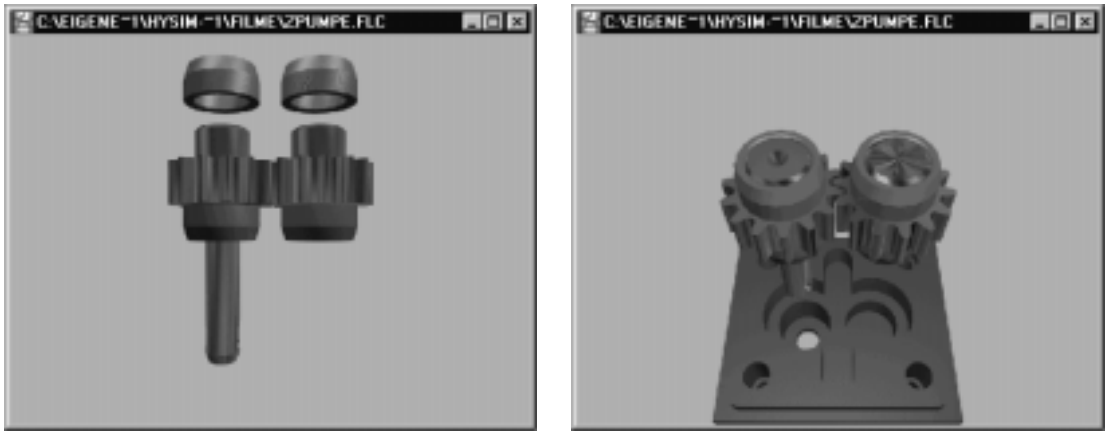


Abb. 6-4: Montage einer Zahnradpumpe

6.4. Dynamisches Verhalten einer Kurbelschleife

Das folgende Beispiel zeigt das dynamisches Verhalten einer Kurbelschleife. Die dieser Animation zugrundeliegende Aufgabe ist die Konstruktion eines formschlüssigen Schwenkwinkels zwischen zwei Wellen. Es soll eine Reduktion der Rotationswinkel von 120 auf 30 Grad erfolgen. Die Reduktion geschieht mit Hilfe einer Kurbelschleife.

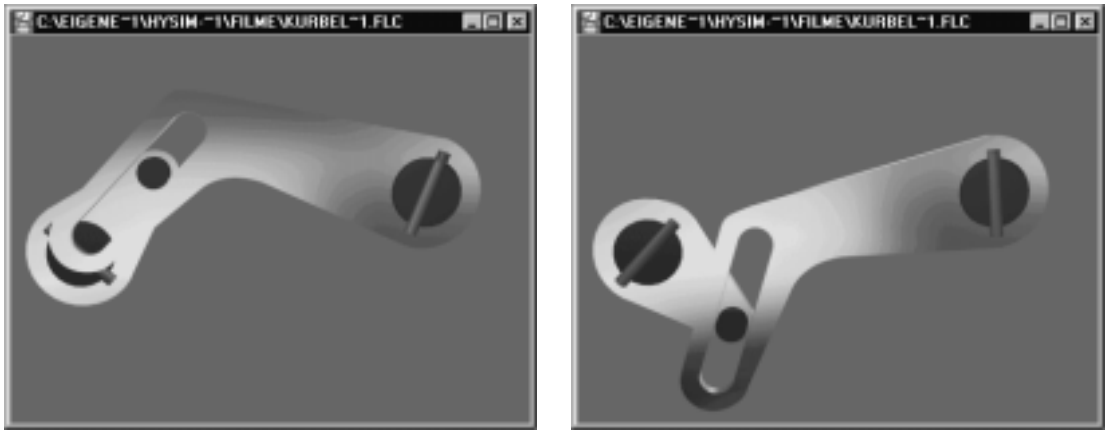


Abb. 6-5: Dynamisches Verhalten einer Kurbelschleife

[1] Mit Rendering (render, engl. übersetzen) wird das Berechnen einer Szene bezeichnet, wobei Oberflächenstrukturen und Lichteffekte berücksichtigt werden.

Die Animation zeigt den Bewegungsablauf der Kurbelschleife während des Reduktionsprozesses (vgl. Abb. 6-5). Mit Hilfe der Animation wird leicht nachvollziehbar, auf welche Art und Weise bei Antrieb des linken Hebels der rechte Hebelarm rotiert wird, so daß sich für die rechte Welle eine Winkeltransformation ergibt.

6.5. Filmische Elemente in rechnerbasierten Animationen

Im Rahmen recht zeitaufwendiger Studien wurden filmgestalterische Möglichkeiten rechnergenerierter Animationen untersucht. Die Beherrschung rechnergestützter Animations-Techniken garantiert noch keine thematisch und dramaturgisch gut aufgebaute rechnergenerierte Animation. Vor dieser Problemstellung wurden Möglichkeiten der *virtuellen Kamera* bezüglich Kamera-Einstellungen, Kamerastandpunkt und Kamerabewegung experimentell erforscht. Da rechnergestützte Animationswerkzeuge auch die Möglichkeit bieten, *virtuelle Lichtquellen* zu nutzen, wurde auch das Licht als Gestaltungsmittel eingesetzt. In der Abb. 6-6 sind einige Beispiele aus einer längeren Animationssequenz abgebildet. Insgesamt bestätigte sich in diesen Studien, daß der Rechner mit seiner Vielfalt an grafischen Möglichkeiten nach wie vor elementares Wissen aus dem Bereich der traditionellen Filmgestaltung nicht ersetzen kann.

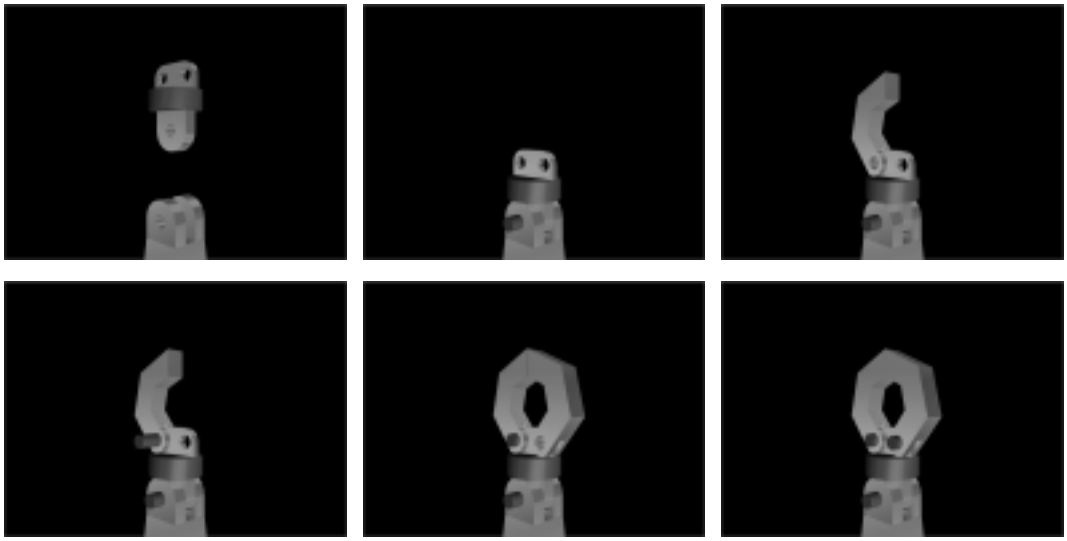


Abb. 6-6: Studien zu filmischen Elementen in der rechnergestützten Animation I

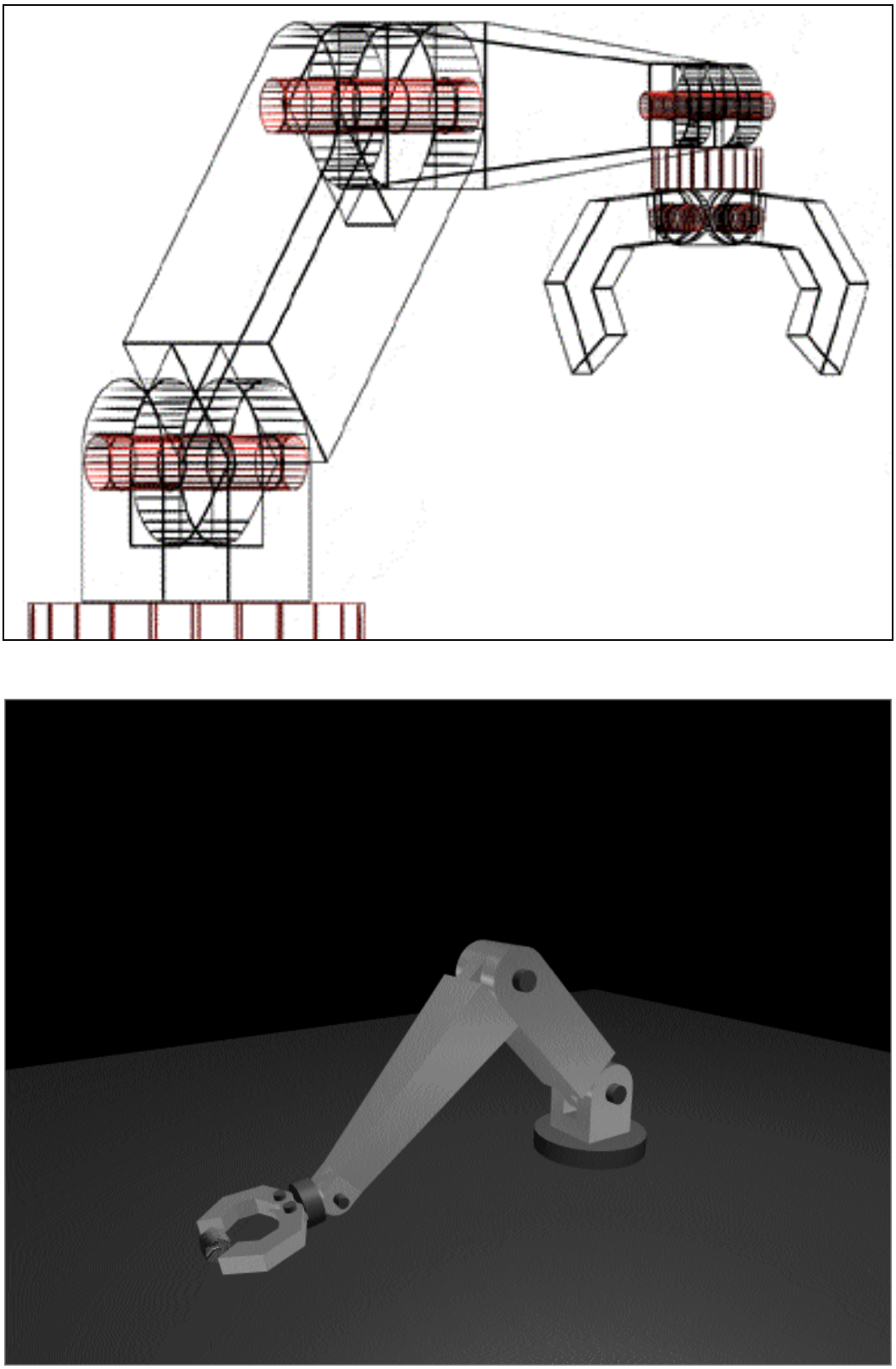


Abb. 6-7: Studien zu filmischen Elementen in der rechnergestützten Animation II

6.6. Möglichkeiten der Videoeinbindung

Es liegt nahe, Videomaterialien bzw. digitale Filme dort einzusetzen, wo mit einfacheren Mitteln der Bewegtbilddarstellung keine ausreichende Anschaulichkeit erreicht wird. Dies gilt beispielsweise für komplexe Prozeßabläufe in der Fertigungs- oder Automationstechnik. Relevant ist die Einbindung von Videofilmen auch dort, wo die Authentizität oder die dokumentarische Dimension einer Sache bedeutsam ist.

Um zu untersuchen, wie die technischen Einbindungsmöglichkeiten von Videosequenzen in hypertextbasierte Anwendungen zu realisieren sind, haben wir eine Sequenz von Videobildern von Fertigungsprozessen (Drehen und Fräsen) aufgenommen, digitalisiert und exemplarisch in einen Hypertext integriert.

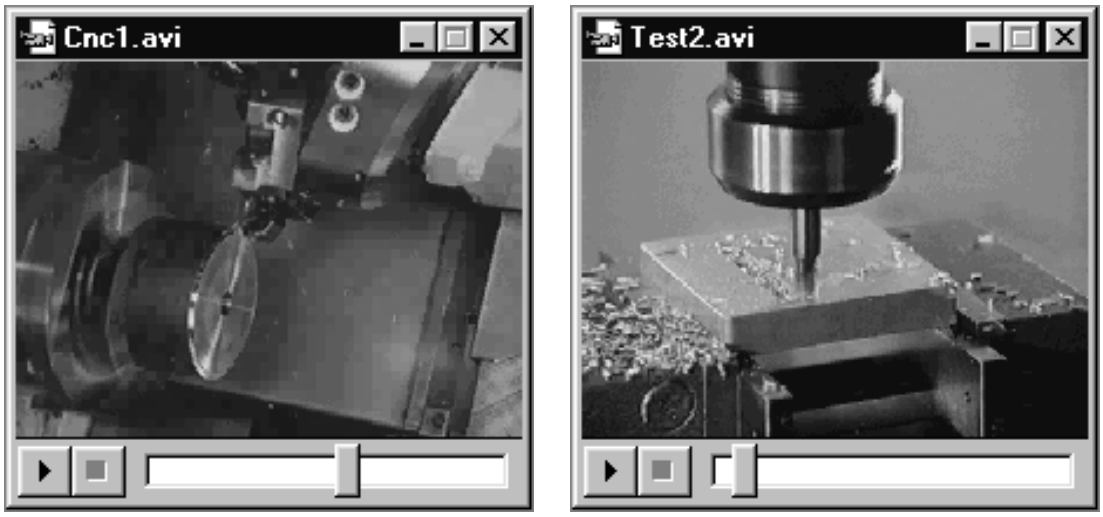


Abb. 6-8: Videosequenzen von Zerspanungsprozessen

6.7. Ergebnisse

Die prototypischen Studien zur Animation und Videoeinbindung lassen den Schluß zu, daß mit einem vertretbaren Aufwand Animationen oder kleine Videosequenzen in Hypermedia-Anwendungen eingebunden werden können. Damit ergeben sich insbesondere für komplexere Sachverhalte wichtige Gestaltungsmöglichkeiten, weil viele Gegenstände mit Standbildern nur unzulänglich dargestellt werden können. Man denke an die hier

beschriebenen Beispiele prozessualer Abläufe oder allgemein an dynamische Szenarien und Simulationen im technisch-naturwissenschaftlichen Bereich.

Dennoch gilt es, einige wichtige Einschränkungen zu machen: Obwohl die Softwarewerkzeuge für Personalcomputer inzwischen relativ preisgünstig und leicht zu bedienen sind, bleibt die Entwicklung technisch aufwendiger Animationen, wie man sie z.B. in heutigen Computerspielen findet, Experten mit spezialisierter Hard- und Software vorbehalten. Für kleinere Animationsarbeiten im Bereich der Lernsoftware-Entwicklung eignen sich einfache Software-Werkzeuge für 2-D-Animationen (ToolBook, Macromind-Director) bzw. 3-D-Animationen (3D-Studio/Autodesk-Animator). Im Rahmen der von uns durchgeführten Studien haben wir derartige Systeme erfolgreich eingesetzt. Auch die im Modellversuch mitarbeitenden Lehrer haben entsprechende Erfahrungen sammeln können.

Daß bewegte Bilder das Risiko des "Overload" und damit eine mentale Überforderung des Benutzer mit sich bringen können, ist bekannt. Wir haben schon an anderer Stelle auf diese Problematik hingewiesen (vgl. Kap. II). Aus der Sicht der Gestaltung hypermedialer Materialien läßt sich dieses Risiko im Allgemeinen durch folgende Maßnahmen reduzieren:

- durch Verlangsamung der Animationen
- durch die Implementation von Wiederholungen und Standbildverlängerungen
- durch die Integration von strukturierenden Schrifteinblendungen oder
- durch die Implementation einer kongruenten und synchronen auditiven Kommentierung und
- durch eine Beschränkung der Bewegtbilder auf das erforderliche Mindestmaß.

Wir haben einige dieser Gestaltungsvarianten prototypisch umgesetzt und dann im Rahmen der Projektgruppe diskutiert, analysiert und bewertet (vgl. Heimbucher 1992, S. 135ff) .

6.8. Literatur

Behr, B./ Bertuch, M. (1993): Maus statt Schneidetisch. Digitales Video mit Microsofts Video for Windows. In: c't 7/93. S. 124ff

Heimbucher, A. (1992): Anforderungen an die Visualisierung von Simulationen. In: Willim, B. (Hrsg): Designer im Bereich Animation und Cyberspace. Berlin.

Dieter Müller, F. Wilhelm Bruns

7. Prototyp eines hypermediabasierten Mehrebenensimulators

Eine Grundidee des Modellversuches HYSIM bestand darin, unterschiedliche Simulationsmodule mit Hilfe von Hypermedia zu einem mehrperspektivischen Mehrebenensimulationssystem zu verknüpfen. Dabei gehen wir davon aus, daß durch die Kombination von Simulation mit Hypermedien rechnergestützte Lernumgebungen realisiert werden können, die besondere lernförderliche Merkmale aufweisen. Die konzeptionelle Basis eines solchen hypermediagestützten Mehrebenensimulators haben wir an anderer Stelle ausführlich erläutert (vgl. Kap. II). Die im folgenden beschriebenen Studien beinhalten die ersten prototypischen Untersuchungen.

7.1. Prototypische Untersuchungen

Aufbauend auf dem Konzept der Mehrebenensimulation wurde ein Szenario für eine Modellfabrik entworfen, in der elementare Strukturen einer Pumpenfabrik abgebildet sind. In Erweiterung herkömmlicher Modellszenarien sollte dieses System die Möglichkeit eröffnen, unterschiedliche Problemstellungen aus dem Konstruktions-, Fertigungs- und Instandhaltungsbereich unter unterschiedlichen *Perspektiven* und auf verschiedenen *Abstraktionsebenen* bearbeiten zu können.

Aus didaktisch-pragmatischen Gesichtspunkten entschieden wir uns exemplarisch für ein betriebliches Modell, in dem die Herstellung von Zahnradpumpen modelliert wird. Die Herstellung einer Zahnradpumpe war bereits als übergreifendes Unterrichtsprojekt in einem anderen Modellversuch erfolgreich erprobt worden (vgl. Rathsack/Storck 1991). Darüber hinaus ist eine Zahnradpumpe ein relativ einfaches technisches Funktionsteil bestehend aus wenigen Bauteilkomponenten. An diesem leicht durchschaubaren und verständlichen Produkt können Schüler fächer- bzw. lerngebietsübergreifend die verschiedenen Gesichtspunkte moderner Produktionstechnik und ihre vielschichtigen Wechselbeziehungen in einem

ganzheitlichen wirklichkeitsnahen Zusammenhang explorativ erfahren und experimentell untersuchen.

Vor dem Hintergrund der konkreten Problemstellung ergaben sich für die unterschiedlichen Softwarekomponenten einer solchen hypermedialen Lernumgebung spezifische Anforderungen bezüglich Benutzungsoberfäche und inhaltlicher Struktur. Einzelne Komponenten einer solchen hypermedialen Lernumgebung wie z.B. ein Fabrikplanungs-Simulator, ein CNC-Simulator sowie Hypermedia-Module zur Konstruktion von Zahnrädern und diverse Animationssequenzen haben wir schon an anderer Stelle (vgl. Kap. IV-1) beschrieben. Die Studien zur visuellen Darstellung und Orientierung in Hyperstrukturen lieferten darüber hinaus Erkenntnisse, wie Elemente eines Mehrebenensimulators in ein hypermediales Navigationssystem technisch eingebunden werden können. Neben Fragen der Softwaregestaltung bestand ein wichtiges Ziel unserer wissenschaftlichen Arbeit darin zu erforschen, wie in einer hypermedialen Umgebung Einzelmodule so in einen Gesamtzusammenhang integriert werden können, daß themenübergreifende Zusammenhänge erhalten bleiben und Einzelaspekte nicht verloren gehen.

Abb. 7-1: Ideenskizze zur Mehrebenensimulation

Von diesen Überlegungen ausgehend wurde eine baumartig vernetzte Hypermediastruktur entwickelt, die von übergreifenden Zusammenhängen ausgehend sich in immer detailliertere Aspekte aufteilt. Die thematische Verfeinerung vollzieht sich schrittweise über mehrere Abstraktionsebenen. Hierdurch haben die Lernenden die Möglichkeit, Lernaufgaben innerhalb eines Gesamtzusammenhang auf unterschiedlichen Abstraktionsniveaus bearbeiten zu können. Die Abb. 7-2 zeigt die Benutzungsoberfläche des von uns erstellten Prototypen.

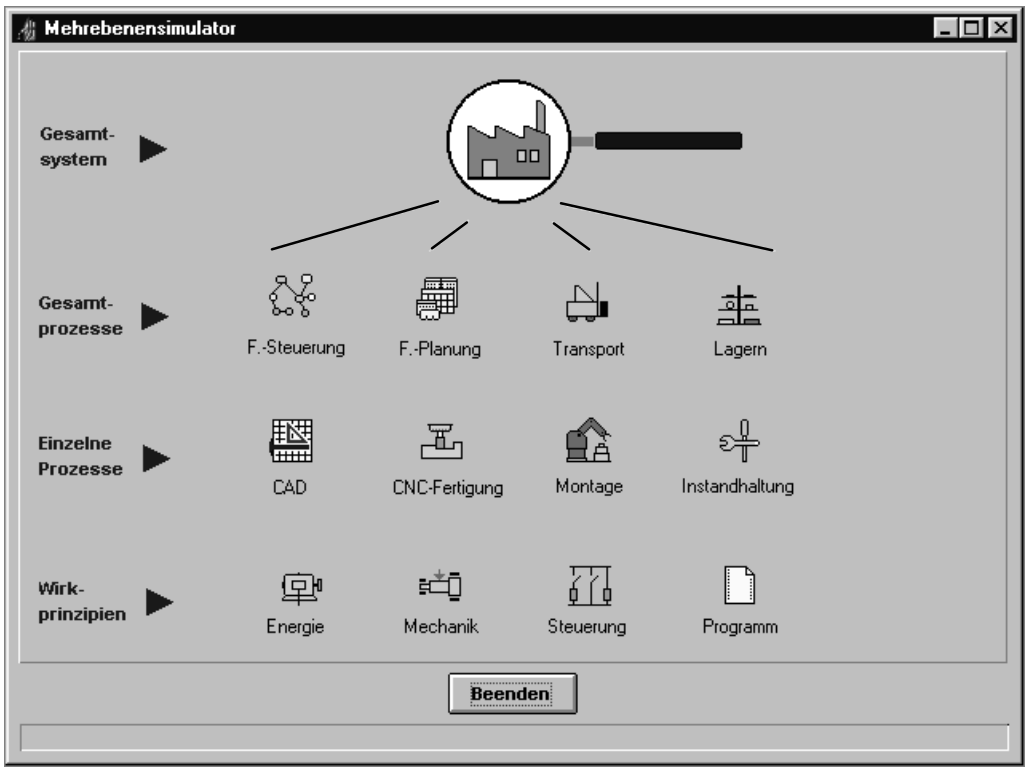


Abb. 7-2: Mehrebenensimulator

7.2. Erfahrungen

Die dargestellte prototypische Realisierung zur Mehrebenensimulation konnte aus Zeitgründen nur in Ansätzen implementiert werden. Insbesondere technische Probleme bei der Implementierung und Integration einzelner Softwaremodule in eine homogene hypermediale Lernumgebung führten zu Verzögerungen.

Unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten war die Reflexion über die didaktischen Möglichkeiten eines Mehrebenensimulators auf der Basis der

schon entstandenen Module allerdings äußerst wichtig und ertragreich für Erkenntnisfortschritte im Modellversuch: Aufgrund der hier gewonnen Erfahrungen war es möglich, Elemente der Mehrebenensimulation in einzelne Lernprogramme, die von den im Modellversuch mitarbeitenden Lehrkräften selbst entwickelt und unterrichtlich erprobt wurden, zu integrieren.

Die durchgeführten Studien haben gezeigt, daß das Konzept der Mehrebenensimulation eine wichtige Weiterentwicklung innerhalb der Simulationstechnik darstellt – allerdings nicht nur aus einer informationstechnischen, sondern insbesondere auch aus einer didaktischen Perspektive. Die Integration verschiedener Modellkomponenten in homogenene Umgebungen in der hier vorgestellten oder einer ähnlichen Form ist zur Zeit Gegenstand intensiver Forschungen im Bereich der Systemtechnik bzw. Informatik (vgl. z.B. den Ansatz des Multimodeling bei Fishwick 1995). Das didaktische Potential eines solchen Konzeptes ist allerdings bisher praktisch nicht erforscht worden. Insbesondere ist nicht evaluiert worden, ob mit Hilfe solcher Lernumgebungen lernförderliche Wirkungen verbunden sind, wovon wir allerdings aufgrund unserer Studien, die einen ersten Schritt markieren, ausgehen. Im Rahmen der hier dargestellten Prototyping-Studie wurden Aspekte der didaktischen Gestaltung von Lernsoftware untersucht. Über erste Erfahrungen, die Lehrer mit diesem Konzept im Unterricht gesammelt haben, werden wir im Kap. VII berichten.

7.3. Literatur

Bruns, F. W. (1990): Die Simulation als Qualifikationsmittel; In: 3. Sachbericht - Modellversuch "Roboter als CIM-Komponenten in der beruflichen Bildung", Bremen, S.157 ff.

Fishwick, P. A. (1995): Simulation Model Design and Execution: Building Digital Worlds. Englewood Cliffs, New Jersey

Rathsack, H. / Storck, W. (1991): Projekt Zahnradpumpe In: Abschlußbericht - Modellversuch "Roboter als CIM-Komponenten in der beruflichen Bildung", Bremen, S.217 ff.

Müller, D. (1993): Application Framework für die Entwicklung interaktiver Anwendungen mit multisensorischen Benutzungsschnittstellen. Universität Bremen, artec-Arbeitspapier 22, April 1993

V. Integrierte Lehrerfortbildung

Dieter Müller

1. Integrierte Lehrerfortbildung

1.1. Fortbildung der Modellversuchsgruppe

Wie schon mehrfach betont wurde, war es notwendig, im Rahmen der Modellversuches HYSIM die organisatorischen Rahmenbedingungen so zu gestalten, daß Kommunikations-, Informations- und Reflexionsprozesse unter den Projektmitarbeitern erleichtert werden. Zur Unterstützung dieses Prozesses wurden von der wissenschaftlichen Begleitung deshalb kontinuierliche Fortbildungen organisiert und durchgeführt. Um die Kooperation und den Informationsaustausch zu verbessern, fanden darüber hinaus regelmäßige Projekttreffen und mehrtägige Wochenendworkshops bzw. Seminare statt. Hierdurch war es möglich, prozeßbegleitend konkrete Arbeitsschritte zu planen, zu beraten und gegebenenfalls der jeweiligen Situation angemessen anzupassen.

Das Ziel der durchgeführten Lehrerfortbildungen war in der Anfangsphase des Projektes der theoretische und praktische Einstieg in dessen zentrale Zielsetzungen und Fragestellungen. In den ersten Fortbildungsveranstaltungen wurden deshalb vorrangig technische Begriffe und Konzepte vermittelt, um zunächst alle Projektmitarbeiter auf den gleichen Informationsstand zu bringen. Im Zentrum standen dabei Konzepte der rechnergestützten Simulation und des Hypertextes. Diese beiden Bereiche mußten zwangsläufig einen großen zeitlichen Raum einnehmen, weil es hier um die Vermittlung neuer Konzepte und nicht nur um eine Qualifikationsergänzung für die beteiligten Projektmitarbeiter ging.

Im fortgeschrittenen Stadium des Projektes dienten Fortbildungsveranstaltungen – neben den regelmäßigen stattfindenden Projektsitzungen – dazu, verschiedene thematische Aspekte unter Berücksichtigung der aktuellen Erfahrungen der beteiligten Mitarbeiter in speziell dafür vorgesehenen Veranstaltungen konzentriert erarbeiten zu können. Insgesamt konnten drei Kurseinheiten geplant und durchgeführt werden. Die verschiedenen Kursblöcke wurden auf mehrere halb- bzw. ganztägige Veranstaltungen

verteilt und jeweils in ein- oder mehrwöchigen Abständen abgehalten. Die einzelnen Veranstaltungen enthielten in etwa zu gleichen Teile theoretische und praktische Inhalte. Wie schon angedeutet, war die inhaltliche Strukturierung der Fortbildung hauptsächlich auf die Erfordernisse der fortlaufenden Projektarbeit ausgerichtet.

Aufgrund des doch knapp bemessenen Zeitkontingents konnten pädagogische Aspekte nicht angemessen im Rahmen dieser Kurseinheiten behandelt werden. Hierzu wurden später dann mehrtägige Wochenendseminare bzw. Blockseminare genutzt, um berufspädagogische und fachdidaktische Probleme vor dem Hintergrund der durchgeführten Softwareentwicklungen und Unterrichtsvorhaben ohne Zeitdruck zu problematisieren und zu reflektieren.

Die folgende Übersicht (vgl. Tabelle 1) gibt einen Überblick über die durchgeführten Fortbildungsaktivitäten. Anschließend werden die einzelnen Kurseinheiten und Blockseminare genauer beschrieben und dargestellt.

	Kurs / Seminar	**Zeit / h**
1	I. Kurs: Einführung in die Thematik des Modellversuchs	18
2	II. Kurs: Hypermedia-Autorensysteme I	18
3	III. Kurs: Hypermedia-Autorensysteme II	18
4	I. Blockseminar: Konzepte, Erfahrungen, Perspektiven I	20
5	II. Blockseminar: Konzepte, Erfahrungen, Perspektiven II	20
6	III. Blockseminar: Zusammenfassung der Projektarbeit	20

Tabelle 1: Fortbildungen und Blockseminare im Überblick

Kurs: Einführung in die Thematik des Modellversuchs

In der ersten Phase der Fortbildung wurden die Grundlagen der Simulationstechnik vermittelt sowie eine Einführung in das Hypermedia-Konzept gegeben. Die Demonstration verschiedener Simulatoren und Hypermedia-Systeme diente dazu, die einzelnen Konzepte an praktischen Beispielen zu veranschaulichen. Darüber hinaus war es uns wichtig, den Teilnehmern deutlich zu machen, daß durch Hypermedia die Möglichkeit gegeben ist, verschiedenartige Simulationsbausteine in eine hypermediagestützte Lern-

umgebung einzubinden und hierdurch die besonderen Vorzüge von Hypermedia (z.B. vielseitige Vernetzbarkeit von Informationen in ein Gesamtsystem) und Simulationen (Modellieren und Experimentieren mit Teilaspekten) zur Geltung zu bringen.

	Inhalte	**Zeit / h**

1	Einführung in die Thematik
	- Simulation als Qualifizierungsmittel
	  - Begriffsbestimmungen
	  - didaktische Implikationen
	- Hypertext und Hypermedia
	  - Begriffsbestimmungen
	  - Softwarebeispiele
		6

2	Einführung in die Nutzung von Hypermediasystemen I - Konzept, Struktur, Datenmodell - Beispielanwendungen - blättern, browsing	6
3	Einführung in die Nutzung von Hypermediasystemen II - Eigenständiges Erstellen neuer Bücher - Grundelemente der Programmierung	6

Tabelle 2: I. Kurs - Einführung in die Thematik des Modellversuchs

Kurs: Hypermedia-Autorensysteme I

Im Rahmen dieser Kurseinheit sollten die konzeptionellen sowie praktischen Voraussetzungen zur Erstellung hypermediagestützter Simulatoren geschaffen werden. Dazu wurde einerseits eine Einführung in die Programmierung eines Autorensystems am Beispiel des Hypermediasystems "ToolBook" gegeben, andererseits wurden im Rahmen praktischer Übungen kleine Animations- und Simulationsprogramme von den Teilnehmern mit diesem Autorensystem erstellt. Diese Fortbildung diente gleichzeitig dazu, die Projektteilnehmer bei der Planung und Erstellung eigener Lern- und Simulationsprogramme zu unterstützen.

	Inhalte	Zeit
1	Einführung in die Programmierung eines Autorensystems - Scriptsprache: elementare Befehle, Kontrollstrukturen, Meldungen - Konzept der Objektorientierung - Gestaltung und Programmierung verschiedener Objekte	6
2	Übungen und Beispiele I Erstellen eines einfachen Lernprogramms - Gestaltung der Benutzungsoberfläche - Programmierung einzelner Steuerelemente - Auswertungsalgorithmus	4
3	Übungen und Beispiele II Entwicklung einfacher Lernprogramme mit grafischer Animation - Einbindung von Grafiken - Programmieren von Bewegungen - Experimentieren mit versch. Lösungsvarianten	8

Tabelle 3: II. Kurs - Hypermedia-Autorensysteme I

Kurs: Hypermedia-Autorensysteme II

Im Rahmen des dritten Kurses wurden fortgeschrittene Konzepte der Entwicklung von Hypermediasystemen vermittelt. Insbesondere ging es dabei um die Einbindung externer Softwaremodule, was besonders deshalb von Bedeutung war, weil mit Hilfe solcher Module Kopplungen von Programmen und Realsystemen wie z.B. technischen Modellen, Versuchs- bzw. Laboreinrichtungen vorgenommen werden sollen. Der letzte Aspekt erschien uns besonders wichtig, da in der Kopplung virtueller Rechnermodelle mit gegenständlichen, konkreten Systemen eine besondere berufspädagogische Relevanz liegt. Ein weiterer Inhalt dieser Kurseinheit war die Integration von Multimedia, wie Video und Ton in Hypertextumgebungen; hierzu wurden die grundlegenden Konzepte dargestellt sowie die hard- und softwarebezogenen Voraussetzungen erörtert. Des weiteren wurden die Teilnehmer in die Grundlagen der Softwareergonomie eingeführt. Ziel war es, hieraus Erkenntnisse für den Entwurf, die Gestaltung und die Bewertung hypermedialer Lernsoftware gewinnen zu können.

	Inhalte	**Zeit / h**
1	Die Verwendung von Softwarekomponenten innerhalb von Hypermedia-Autorensystemen - Grundlagen - Nutzen vorhandener Komponenten - Beispiele und Übungen	6
2	Dynamische Verknüpfungsbibliotheken - Erstellen eigener DLL-Module - Arbeiten mit der Entwicklungsumgebung (Pascal) - Beispiele und Übungen	6
3	Einführung in die Softwareergonomie - Was kann die Softwareergonomie bei der Entwicklung von hypermediagestützter Lernsoftware leisten ? - Einführung, Begriffsbestimmung, Grundlagen - Ebenen und Probleme der Systemgestaltung - Arbeitswissenschaftliche Aspekte - Normen, Standards, Styleguides - Entwurf und Gestaltung von Interaktiven Systemen	4
4	Arbeiten an eigenen Unterrichtsprojekten - Entwurf, Implementierung	6
5	Integration von Multimedia in das Autorensystem ToolBook - Grundlagen - Multimedia für Windows - Multimedia-ToolBook - Beispiele	6

Tabelle 4: III. Kurs - Hypermedia-Autorensysteme II

Blockseminar: Konzepte, Erfahrungen, Perspektiven I

Das erste Blockseminar diente in erster Linie dazu, die Teilergebnisse der Modellversuchsarbeit aus den einzelnen Arbeitsgruppen allen Projektmitarbeitern zugänglich zu machen und Raum für einen intensiven Erfahrungsaustausch zu bieten. Hier konnten dann auch berufspädagogische und fachdidaktische Probleme vor dem Hintergrund der durchgeführten Softwareentwicklungen und Unterrichtsvorhaben ohne Zeitdruck problematisiert und reflektiert werden. Darüber hinaus wurden geplante Unterrichtsprojekte vorgestellt.

	Inhalte	Zeit / h
1	Ergebnisse der bisherigen Modellversuchsarbeit	2
2	Didaktische Aspekte von Simulation und Hypermedia	3
3	Vorstellung von Unterrichtsprojekten	4
4	Vorstellung hypermedialer Lernsoftware	2
5	Planung der weiteren Modellversuchsarbeit	2
6	Abschlußdiskussion	2

Tabelle 5: I. Blockseminar

Blockseminar: Konzepte, Erfahrungen, Perspektiven II

Das zweite Blockseminar sollte der Konsolidierung der bisherigen Arbeit innerhalb des Projekts dienen und Perspektiven aufzeigen, wie die gewonnenen Ergebnisse gebündelt, aufbereitet und publiziert werden können.

	Inhalte	Zeit
1	Ergebnisse der bisherigen Modellversuchsarbeit	2
2	Erfahrungen aus weiteren Schulprojekten	3
3	Erfahrungen und Probleme bei der Entwicklung hypermedialer Lernsoftware	3
4	Aspekte der Simulation aus Sicht der Informatik	2
5	Aufbereitung der Projektergebnisse auf der Basis von HTML-Dokumenten	2
6	Entwicklung eines Konzeptes zur Lehrerfortbildung	3
7	Planung der weiteren Modellversuchsarbeit	3
8	Abschlußdiskussion	2

Tabelle 6: II. Blockseminar

Blockseminar: Zusammenfassung der Projektarbeit

Im dritten Blockseminar wurden Studien zur pädagogischen Wirksamkeit von Lernsoftware vorgestellt und vor dem Hintergrund der eigenen Erfahrungen reflektiert. Darüber hinaus diente dieses Seminar dazu, die schrift-

lich fixierten Erfahrungen zu strukturieren und für eine zusammenfassende Evaluation aufzuarbeiten. Dies erfolgte auf der Grundlage eines Bewertungsrasters (vgl. Kap. III). Weiterhin wurde die organisatorische und inhaltliche Planung eines Abschlußworkshops vorbereitet.

	Inhalte	**Zeit**
1	Studien zur pädagogischen Wirksamkeit von Lernsoftware	2
2	Diskussion der Erfahrungen aus einzelnen Projektarbeiten	2
3	Zusammenfassung der Ergebnisse (Softwareentwicklung)	4
4	Zusammenfassung der Ergebnisse (Unterrichtseinheiten)	4
5	Perspektiven hypermediagestützter Simulationssysteme	3
6	Organisatorische und inhaltliche Planung des Abschlußworkshops	3
7	Abschlußdiskussion	2

Tabelle 7: III. Blockseminar

1.2. Lehrerausbildung

Die Forschungsergebnisse aus dem Modellversuch HYSIM flossen in Lehrveranstaltungen folgender Studiengänge der Universität Bremen ein:

- Studiengang Lehramt Sekundarstufe II mit beruflicher Fachrichtung (LSIIbF)
- Studiengang Informatik / Studienschwerpunkt "Angewandte Informatik".

Im Studium zum Lehramt mit den beruflichen Fachrichtungen Elektro- und Metalltechnik gehören die Lehrveranstaltungen Systemtechnik, Produktionsinformatik und Netztechnik zum Regelangebot. In ihnen findet eine Auseinandersetzung mit dem Rechner als Lerngegenstand und als didaktischem Medium statt. Ziel der Veranstaltungen ist die Befähigung zur erfahrungs- und qualifikationsorientierten Technikgestaltung und die exemplarische Konzipierung handlungsorientierter Lehr- und Lernformen.

In der Informatik steht die Analyse der gesellschaftlichen Entwicklungsbedingungen, arbeitsbezogenen Konsequenzen und arbeitsorientierten Ge-

staltungsmöglichkeiten moderner IuK-Systeme im Mittelpunkt des Studienschwerpunktes Angewandte Informatik. Neben der Rechts- und Verwaltungsinformatik und der Wirtschaftsinformatik ist die Produktionsinformatik eine von drei Möglichkeiten der Anwendungsorientierung. Zur Produktionsinformatik zählt im weitesten Sinne auch die Vermittlung von exemplarischen Einsichten in Probleme rechnerunterstützten Lernens und Aspekte der Gestaltung von Lernprogrammen.

Durchgeführte Lehrveranstaltungen, in die Forschungsergebnisse des Projektes HYSIM eingeflossen sind:

1. Lernhaltigkeit von Software - Objektorientierung als Entwicklungsbasis (Bruns, F. W., SS 1992)
2. Rechnergestützte Integration und Vernetzung in der Produktion (Bruns, F. W., WS 1992/1993)
3. Simulation als Qualifikationsmittel und als Mittel der Erkenntnisgewinnung (Bruns, F. W., SS 1993)
4. Simulationstechnik (Bruns, F. W., WS 1993/94)
5. Tutorielle Systeme (Bruns, F. W., SS 1994)
6. Produktionsinformatik (Bruns, F.W. / Müller, D. WS 1996).

Darüber hinaus absolvierten Studenten im Rahmen ihres Studiums "Lehramt für die berufliche Schulen der Sekundarstufe II" ein Schulpraktikum am Schulzentrum Vegesack, Berufliche Schulen für Metall- und Elektrotechnik. Innerhalb dieses Schulpraktikums wurden von den Studenten auch hypermediagestützte Lernmodule entwickelt und im Rahmen einer Unterrichtseinheit eingesetzt. Die Betreuung erfolgte durch eine Lehrkraft aus der Projektgruppe HYSIM.

VI. Unterrichtseinheiten und Unterrichtsbeispiele

Dieter Müller, Jürgen Steenbock

1. Entwicklung und Erprobung hypermediagestützter Lernsoftware im Modellversuch - Ein Überblick

In den folgenden Kapiteln werden hypermediale Simulationssysteme, die von den im Modellversuch mitarbeitenden Lehrkräften selbst entwickelt und unterrichtlich erprobt wurden, beschrieben. Dabei stellen die einzelnen Autoren ihre didaktischen Intentionen dar und reflektieren ihre Erfahrungen mit diesen Systemen im Unterricht.

Die Erfahrungsberichte und Einschätzungen der beteiligten Lehrkräfte sind unter Berücksichtigung eines Bewertungsrasters entstanden. Dieses Bewertungsraster enthält verschiedene qualitative Kriterien, die im Evaluationskonzept des Modellversuches detailliert beschrieben (vgl. Kap. III) und insgesamt den folgenden vier Problemfeldern zuzuordnen sind:

- Einschätzungen zur didaktischen Wirksamkeit und Reichweite hypermediagestützter Simulation aufgrund eigener Unterrichtserfahrungen und Rückmeldungen von Schülerinnen und Schülern,
- Erfahrungen bei der Hard- und Softwarenutzung im Unterricht,
- Erfahrungen aus der Eigenentwicklung von hypermediabasierten Lernprogrammen und
- Einschätzungen zur pädagogischen Effizienz hypermediabasierter Simulationssysteme im Vergleich zu anderen Lehr- und Lernmedien.

Erprobt wurden die beschriebenen Vorhaben in fünf unterschiedlichen beruflichen Bildungsgängen mit sehr unterschiedlichen Lerngruppen und unter divergierenden Rahmenbedingungen. Um diese Fallbeispiele leichter in den curricularen Kontext der einzelnen Bildungsgänge einordnen zu können, erfolgt zunächst eine kurze Zusammenfassung der einzelnen Vorhaben.

	Lernsoftware / Unterrichtseinheit	Bildungsgang	Schule
1	Hypermediasystem zum Thema "Serielle Schnittstelle"	Kommunikations-elektroniker/-in	Berufsschule für Elektrotechnik: Eblinger, Gräger, Tussinger
2	Lern- u. Simulationssoftware "SPS-gesteuerte Pneumatik"	Industrie-mechaniker/-in	Schulzentrum Im Holter Feld: Gathmann
3	Lern- u. Simulationssoftware "Selbsthalteschaltungen in der Elektropneumatik"	Industrieme-chaniker/-in	Schulzentrum Im Holter Feld: Schäfer
4	Hypermediagestützte Soft-ware zur Simulation eines Mikroprozessors	BFS: Techn. Assi-stent/-in für Informatik	Schulzentrum Vegesack: Böck
5	Lernsystem "Vakuumtechnik": Echtzeitsimulator u. Hypertext-Lehrbuch	BFS: Phys.-techn. Assistent/-in	Schulzentrum Utbremen: Jäger-Buschart, Herzog
6	Untersuchungen von Simu-latoren zur Robotik	Fachoberschule FR: Elektrotechnik	Schulzentrum Vegesack: Wolter

Tabelle 1-1: Erprobte Lernsoftware / Unterrichtseinheiten

Hypermediasystem zum Thema "Serielle Schnittstelle"

Das Hypermediasystem zum Thema "Serielle Schnittstelle" wurde von den Autoren entwickelt, um die serielle Schnittstelle eines konkreten Mikrocomputersystems, welches im Fachunterricht eingesetzt wird, so zu modellieren, daß die Visualisierung der im Realsystem verborgen ablaufenden Vorgänge möglich wird. Das entstandene hypermediabasierte Simulationssystem soll so zur Verbesserung der Anschaulichkeit komplexer Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge beitragen (vgl. Eblinger, Tussinger, S.187ff).

Lern- und Simulationssoftware "SPS-gesteuerte Pneumatik"/ "Selbsthalteschaltungen in der Elektropneumatik"

In zwei weiteren Projekten (vgl. Gathmann, S.193ff und Schäfer; S.**Fehler! Textmarke nicht definiert.**ff) geht es um hypermediabasierte

Lernsysteme, die als Ergänzungen des Unterrichts in der Steuerungstechnik entwickelt wurden. Wesentlicher Ansatz hierbei ist es, durch geeignete Lernsoftware die Installation realer SPS- bzw. Pneumatiksysteme vorzubereiten bzw. zu begleiten. Insbesondere konnte nachgewiesen werden, daß durch den Einsatz geeigneter Simulatoren Fehlbedienungen am Realsystem reduziert und damit Kosten gesenkt werden können. Die Autoren betonen, daß die von ihnen entwickelte Software im Unterricht eine Ergänzungsfunktion erfüllt und von vornherein kein Ersatz der Realsysteme geplant war und nach wie vor der handlungsorientierte Schaltungsaufbau im Zentrum des Unterrichts steht. Darüber hinaus kann bei einem Programm-Modul das Simulationsmodell mit dem realen Prozeß gekoppelt werden, so daß in diesem Fall die Simulation die verborgenen Abläufe visualisiert und das Realsystem synchron dazu das konkrete Geschehen repräsentiert.

Hypermediagestützte Software zur Simulation eines Mikroprozessors

Bei der hypermediagestützten Simulation eines Mikroprozessors (vgl. Böck. S.215ff) basiert die didaktische Konzeption auf der Modellierung einer virtuellen Modell-CPU, die unter didaktischen Gesichtspunkten konzipiert ist und deren Programmierung in eine unkomplizierte Bedienungsoberfläche integriert wurde. Die vom Autor entwickelte Lernsoftware wurde speziell für den Einstieg in die Assembler-Programmierung konzipiert und soll dazu beitragen, den Umgang mit komplexeren Realsystemen, wie z.B. dem in der beruflichen Bildung verbreiteten MFA-Computer, vorzubereiten.

Lernsystem "Vakuumtechnik": Echtzeitsimulator und Hypertext-Lehrbuch

Das Lernsystem "Vakuumtechnik" (vgl. Herzog, Jäger-Buschart. S.223ff) wurde realisiert, um zukünftige Physikalisch-Technische Assistenten/innen in die Grundlagen der Vakuumtechnik einzuführen. Im Zentrum der didaktischen Konzeption steht hier neben der Vermittlung von Theoriewissen der Erwerb von Handlungskompetenz in der operativen Bedienung eines Versuchsstandes. Die von den Autoren entwickelte Software soll dabei individuelles Lernen initiieren, wobei neben den zeitlich eingeschränkten Experimenten an einem aufwendigem Realsystem auch ein individuelles Handhabungstraining mit Hilfe eines Echtzeit-Simulators sowie eine vertiefte Wissensgewinnung durch ein Hypertext-Lehrbuch möglich wird.

Durch die Implementation umfangreicher Hilfe- und Protokollfunktionen, wird das Verstehen innerer Prozeßabläufe transparenter gemacht und kognitive Lernprozesse gefördert.

Untersuchungen von Simulatoren zur Robotik

In dem Aufsatz von Rüdiger Wolter "Unterrichtliche Erprobung von Simulationspaketen zur Robotik" (vgl. 233ff) werden zwei kommerziell verfügbare Robotersimulationssysteme in Verbindung mit hypermediabasierter Lernsoftware in der unterrichtspraktischen Erprobung vorgestellt. In der bisher veröffentlichten Theorie zu Hypermedia wird selten Bezug auf unterrichtspraktische Erfahrungen genommen. Vor dem Hintergrund der im Modellversuch HYSIM zu untersuchenden Fragestellungen (vgl. Kap. I-1/I-2) werden deshalb unterrichtsbezogene Erfahrungen und Einschätzungen zum Einsatz hypermedialer Software in *Kombination* mit herkömmlicher Lernsoftware dargestellt.

Kurt Eblinger, Günther Gräger, Pierre Tussinger[1]

2. Hypermediasystem zum Thema "Serielle Schnittstelle"

Das Hypermediasystem zum Thema "Serielle Schnittstelle" wurde für den Einsatz in der Fachstufe Kommunikationselektronik konzipiert und realisiert (vgl. Gräger, Tussinger 1995). Es eignet sich aber auch für den Einsatz in anderen beruflichen Bildungsgängen, besonders für die Lernbereiche Interfacetechnik und Programmierung. Die Anwendung besteht aus einem Hypertext-Modul zur Vermittlung der grundlegenden Kenntnisse in der digitalen Datenübertragung. Mit Hilfe von Simulationen kann darüber hinaus das Prinzip serieller Datenübertragung veranschaulicht werden. Mit einem weiteren Modul kann die Anbindung eines Interface-Bausteines an den Prozessor simuliert und entsprechend visualisiert werden (vgl. Abb. 2-1). Darüber hinaus ist es möglich, die Steuerung und Programmierung eines Schnittstellenbausteines in allen wesentlichen Funktionen zu simulieren.

2.1. Didaktische Aspekte

Lern- und Erkenntnisprozeß

Insbesondere in der Computertechnik sind technische Zusammenhänge sehr komplex und damit wenig anschaulich. Die Vorgänge in einem Rechnersystem laufen extrem schnell und "im Verborgenen" ab und verschließen sich so einer direkten Betrachtung. Geeignete Veranschaulichungen lassen sich nur sehr schwer – in der Regel überhaupt nicht – auf der Basis eines Realsystems finden. Darüber hinaus treten beim Einsatz von Realsystemen häufig Probleme auf, die mit dem eigentlichen momentan angestrebten Lernziel nichts zu tun haben, aber die Funktion des Systems beeinträchtigen. Zum Beispiel kann die Untersuchung eines bestimmten Zählers in der Digitaltechnik nur erfolgen, wenn mit einem erheblichen

[1] Der Koll. Eblinger hat vom Aug. 95 bis Aug. 96 u. der Koll. Gräger von Sept. 92 bis Juli 95 im Projekt HYSIM mitgearbeitet.

Zeitaufwand eine komplexe Schaltung fehlerfrei aufgebaut wurde. Schleicht sich nur ein kleiner Schaltungsfehler ein, so muß unter Umständen ein großer Teil der Unterrichtszeit zur Fehlersuche verwendet werden. Für das angestrebte Lernziel der Stunde bleibt dann nur noch wenig oder gar keine Zeit. Für derartige Lerngegenstände bietet sich eine Simulation auf einem PC geradezu an. In der Simulation können Situationen, Bedingungen und Eingriffsmöglichkeiten geschaffen, veranschaulicht und variiert werden, die am realen Objekt nicht beobachtbar oder nur mit einem großen Zeitaufwand realisierbar sind.

Aufgrund der Komplexität des Sachverhaltes wurde die hier beschriebene Lernsoftware zum Thema *Serielle Schnittstelle* so konzipiert, daß die Auszubildenden die serielle Datenübertragung in Teilschritten kennenlernen. Zunächst geht es in der Simulation um die wesentlichen Funktionsprinzipien. In einem zweiten Schritt wird dann die Einbindung der Schnittstelle in ein Computersystem demonstriert. Schließlich wird die Möglichkeit geboten, die Schnittstelle in ihrer gesamten Komplexität einschließlich ihrer Programmierung und Steuerung kennenzulernen.

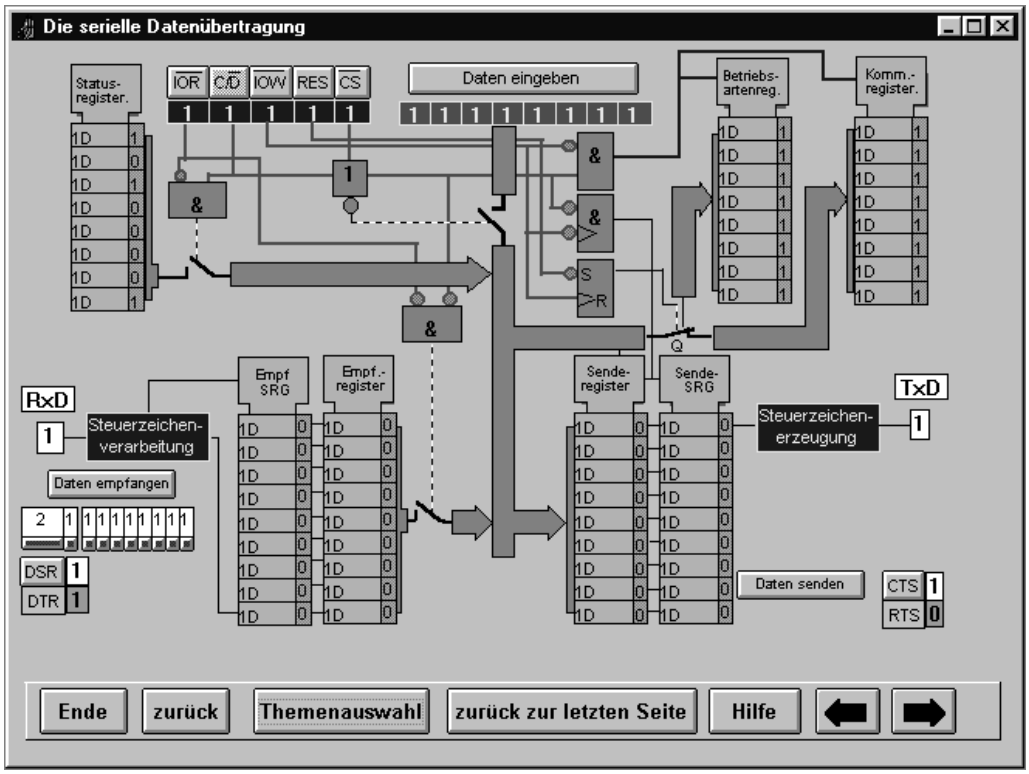


Abb. 2-1: Simulation eines Schnittstellenbausteins

Handlungsaspekt

Mit der zunehmend verfügbaren multimedialen Software verändert sich auch die *Rolle der Lehrenden und Lernenden*. Der von vielen Lehrerinnen und Lehrern meist ängstlich gehütete Wissensvorsprung wird seine Bedeutung immer mehr verlieren. Lernstoffe, die nicht nur traditionell, sondern zunehmend auch multimedial aufbereitet sind, erfordern eine andere *Organisation des Lernens*: Eigeninitiative der Schüler ist gefragt, spielerisches Experimentieren und risikoloses Probehandeln ist möglich. Dabei ist es wichtig, daß die Auszubildenden die Vorgänge nicht nur demonstriert bekommen, sondern selbst mit dem Simulationsprogramm arbeiten und experimentieren. Das in der Lernsoftware integrierte Hypertext-System ermöglicht dem Lernenden, sich das notwendige Basiswissen für das Verständnis der Schnittstelle entsprechend den vorhandenen Vorkenntnissen selbst anzueignen. Dies schafft auf der einen Seite Spielraum für den Lernenden, andererseits muß sich der Schüler zwingen, Informationen zu suchen und zu sammeln. Das Gefundene muß strukturiert und Überflüssiges und Unwichtiges aussortiert werden.

Lernorganisation

Schüleraktivitäten bedeuten nicht automatisch, daß die angestrebten Lernziele auch erreicht werden. Die Erfahrungen zeigen, daß dies in besonders hohem Maße für den Einsatz kommerziell angebotener Computerprogramme gilt, wo der Umgang mit Software in letzter Konsequenz allzu leicht in "Aktionismus" ausartet, ohne entsprechenden Kenntnisgewinn. Daher werden die Unterrichtseinheiten von Arbeitsblättern begleitet, in denen von den Lernenden Ergänzungen vorzunehmen bzw. Aufgaben zu lösen sind. Wenn dies auch auf den ersten Blick eine gewisse Einschränkung der eigenverantwortlichen Lernplanung der Schüler zu bedeuten scheint, so bleibt durch den grundsätzlichen Aufbau des Hypertext-Systems und der Simulationssoftware noch genügend Spielraum für Partnerarbeit und individuelles Arbeitstempo. Die Handlungssituation selbst wird zur Übungsaufgabe für den Schüler. Ein weiteres Lernziel ist die eigenständige Ergebnisdokumentation. Da der Lehrer nur bei Bedarf allgemeine Erklärungen abgeben muß, steht er den schwächeren Schülern für Hilfestellungen zur Verfügung.

Um den Zugriff auf die Lernsoftware zu verbessern und *individuelles Lernen* zu erleichtern, wurde die Lernsoftware im lokalen Rechnernetz der Schule installiert. Diese Zugriffsmöglichkeit aller Lehrkäfte auf die Software via Schulnetz sowie die zusätzliche Bereitstellung von fertigen Unterrichtseinheiten mit den entsprechenden Begleitmaterialien, Arbeitsblättern usw. hat sich als äußerst nützlich erwiesen: Die Simulation zur seriellen Schnittstelle wurde und wird in der Berufsschule für Elektrotechnik im Bereich der Kommunikationselektronik von zahlreichen Kollegen eingesetzt.

Leistungsbewertung

In einer Zeit, in der sich Wissen alle 5 Jahre verdoppelt, muß die *Leistungsbewertung* dieser Entwicklung Rechnung tragen. Es müssen neue Formen entwickelt und erprobt werden. Da der Zugang zu Informationen zunehmend vereinfacht wird, treten die bisher üblichen Qualifizierungsmerkmale, die sich auf die gedächtnismäßige Verfügbarkeit von Wissen beziehen, immer mehr in den Hintergrund. Die Fähigkeit, sich den Zugang zu den Informationen zu beschaffen, sie zu strukturieren, bewerten und anzuwenden, muß auch bei der Leistungsbewertung ihre Berücksichtigung finden.

2.2. Softwareentwicklung

Für die Autoren war dies der erste Versuch, mit einem Hypermedia-Entwicklungssystem Lernsoftware zu entwickeln. Obwohl schon Programmiererfahrung in Assembler- BASIC- und PASCAL-Programmierung vorhanden war, zeigte sich bei der Entwicklung der Lernsoftware, daß sich der Umgang mit dem eingesetzten Entwicklungssystem weit schwieriger als angenommen gestaltete.

Der notwendige Entwicklungsaufwand betrug etwa 250-300 Stunden und lag damit weit höher als vorher vermutet. Erschwerend kam hinzu, daß – insbesondere bei der Programmierung der Simulationen – sehr schnell die Grenzen des skriptbasierten Entwicklungssystems erreicht wurden. Das Projektziel, eine serielle Schnittstelle in ihrer gesamten Komplexität in einer Simulation nachzubilden, war deshalb im nachhinein betrachtet zu hoch gesteckt. Eine Entwicklung von Software in dieser Größenordnung

ist deshalb neben den normalen Unterrichtsverpflichtungen eines Lehrers im Regelfall nicht möglich und sinnvoll.

2.3. Ökonomische Aspekte

Bezieht man lediglich den bereits angesprochenen Zeitaufwand in der Größenordnung von 250 Stunden bei der Betrachtung des ökonomischen Aspektes in die Kalkulation mit ein, so ergeben sich beträchtliche Kosten. Die Nutzungsdauer einer derartigen Lernsoftware wird bei der rasanten technischen Entwicklung im Bereich der Computertechnik auf wenige Jahre (ca. 5 Jahre) begrenzt sein. Diese beiden Punkte machen deutlich, daß eine wirtschaftlich vertretbare Kosten-Nutzen-Relation für eine derartige Lernsoftware nur unter bestimmten Voraussetzungen zu erreichen ist:

Wichtig ist es, daß Lernsoftware, die in Modellversuchen entsteht, überregional angeboten und genutzt wird. Mit dem Internet steht inzwischen ein sehr effektives Kommunikationsmedium zur Verfügung, mit dem dies erleichtert wird. Es ist deshalb vorstellbar und sinnvoll, kleinere Anwendungen, die mit einem vertretbaren Zeitaufwand erstellt werden können, zu entwickeln und über das Internet interessierten Bildungseinrichtungen zur Verfügung zu stellen. Insbesondere eignen sich dazu diejenigen Lerninhalte, die nur sehr unzureichend mit anderen Medien (Lehrbücher, Realsysteme usw.) vermittelt werden können und jeweils eng umgrenzte Bereiche abdecken, wie z.B. die Funktionsprinzipien von Logikbausteinen (UND-, ODER-Verknüpfungen) in der Digitaltechnik.

2.4. Schlußfolgerungen

Von den Schülerinnen und Schülern wurde die Form, in der sie die Lernsoftware im Unterricht nutzen konnten, insgesamt als sehr positiv angesehen. Zwar gab es bei einigen trotz anfänglicher Euphorie nach einer gewissen Zeit Ermüdungserscheinungen, d.h. es kam der Wunsch auf, die Inhalte lieber im Lehrer-Schüler-Gespräch im festen Klassenverbund weiter zu bearbeiten. Der Grund hierfür wird aber wohl eher darin zu sehen sein, daß die in den Arbeitsblättern gestellten Fragen einige Schülerinnen und Schüler schlichtweg überfordert hatten. Hinzu kam, daß der erste Teil des Projektes sich weniger auf die Simulation einer seriellen Schnittstelle

bezog, sondern daß mit einem "elektronischen Buch" als Nachschlagewerk gearbeitet werden mußte. Hier zeigte sich, daß die Computersimulation eher dort wichtig ist, wo ein komplexer Vorgang mit *dynamischen Prozessen* einher geht. Begleitende Literatur bzw. Fachbücher können und sollten nicht ersetzt werden, sondern müssen weiterhin fester Bestandteil des Unterrichts bleiben. Die integrierten Informationsteile haben dann eher den Charakter der schnellen Hilfe bei konkreten Fragen bzw. Problemen. Deutlich wurde auch die Notwendigkeit einer Fixierung der Lernergebnisse in Form von Arbeitsblättern: Nur so wurde nach Verschwinden des flüchtigen Monitorbildes ein Nacharbeiten und/oder Wiederholen des Gelernten möglich.

Die Erfahrungen haben damit nochmals deutlich den Einsatzrahmen abgesteckt: Simulationen am Computer können nicht als Allheilmittel oder gar als "Superlernsystem" betrachtet werden, bei dem der Lehrende sich zurücklehnt und darauf wartet, daß der Lernerfolg bei den Adressaten von selbst eintritt. Computersimulationen sollten als *ein* sinnvolles Medium gleichberechtigt neben anderen im Unterricht betrachtet werden. Im konkreten vorliegenden Fall hat sich dies daran gezeigt, daß beim Einsatz einer "echten" seriellen Schnittstelle im *MFA-Computer* zwar trotzdem zum Teil noch Verständnisprobleme auftraten, aber insgesamt bereits eine Modellvorstellung in den Köpfen vorhanden war, auf der effektiv aufgebaut werden konnte. Verständnisschwierigkeiten, die ohne diesen Vorkurs mittels Simulation sonst häufig nur schwer oder gar nicht ausgeräumt werden konnten, ließen sich jetzt wesentlich leichter beheben.

2.5. Literaturhinweise

Bruns, F.W./ Müller, D./ Steenbock, J. (1995): Hypermediagestützte Simulationssysteme für berufliche Schulen. 3. Zwischenbericht zum Modellversuch. Senator für Bildung und Wissenschaft. Bremen.

Derriks, F./ Meyer, N.(Hrsg) (1985): Einführung in die Mikrocomputertechnik; vgs Verlagsgesellschaft, Köln.

Elsing, J. / Wiencek, A. (1987) : Schnittstellenhandbuch. Vaterstetten bei München.

Gräger, G./Tussinger, P. (1995): Entwicklung einer Simulationssoftware zum Thema "Serielle Schnittstelle". In: Bruns u.a. S. S.75ff.

Hermann Gathmann

3. Lern- und Simulationssoftware "SPS-gesteuerte Pneumatik"

Zur Ergänzung des Unterrichts in der Steuerungstechnik (Berufsfeld Metalltechnik) wurden vom Autor dieses Beitrages zwei hypermediabasierte Module entwickelt (vgl. Gathmann / Schäfer 1995).

Mit dem ersten Modul kann eine SPS-gesteuerte Pneumatikschaltung simuliert werden. Im einzelnen bietet es folgende Möglichkeiten: Im ersten Teil wird der Lernende in die Lage versetzt, nach einem Stromlaufplan das elektrisch gesteuerte Wegeventil eines doppelt-wirkenden Pneumatikzylinders anzuschließen. Dabei können die Schüler die Verdrahtung der Steuerungskomponenten zunächst gefahrlos mit dem Simulator durchführen, bevor dann an der realen Anlage die Verbindungen erstellt werden. Im zweiten Teil können die erworbenen Kenntnisse verwendet werden, um statt eines einfachen Schalters den Ausgang einer SPS zu verwenden. Dazu müssen die Lernenden eine Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) mit der Pneumatikanlage fachgerecht verkoppeln. Schließlich kann im dritten Teil durch das Zeichnen eines Weg-Schritt-Diagramms die Folgesteuerung von drei Zylindern grafisch programmiert werden.

Mit dem zweiten Modul können die Impulse für die Zylinderbewegungen über die parallele Schnittstelle des Rechners auch auf reale Systeme übertragen werden.

3.1. Didaktische Aspekte

Die Lernsoftware enthält sowohl Hypertextelemente als auch verschiedene Simulationsmodule, sie ist wie ein Lehrbuch gegliedert und aufgebaut. Um die didaktischen Intentionen der Konzeption zu verdeutlichen, werden einige wichtige "Seiten" dieses elektronischen Buches erläutert:

Auf der zweiten Seite der Lernsoftware (vgl. Abb. 3-1) soll der Lernende in die Lage versetzt werden, nach einem Stromlaufplan das elektrisch gesteuerte Wegeventil eines Pneumatikzylinders anzuschließen. Um die Ver-

bindung später am realen physikalischen Modell mit der richtigen Farbe der Kabel herstellen zu können, muß auch in der Simulation zunächst die korrekte Farbe des Kabels gewählt werden, bevor die Leitungsverbindungen mit der Maus gesetzt werden können. Sind alle Verbindungen des Stromlaufplans hergestellt, kann der Schalter S1 durch Anklicken geschlossen werden, das Wegeventil wird geschaltet, und der Zylinder fährt aus. Zur Unterstützung kann durch die Positionierung des Mauspfeils auf Teile des Stromlaufplans die Lösung eingeblendet werden.

Auf der nächsten Seite der Lernsoftware können die gewonnen Kenntnisse dann verwendet werden, um statt eines einfachen Schalters die Steuerausgänge einer SPS zu verwenden (vgl. Abb. 3-2). In der Simulation befindet sich dazu eine Abbildung der im Unterricht verwendeten SPS einschließlich der notwendigen Bedienelemente (Schalter, Eingänge, Ausgänge usw.), die mit der Maus angesprochen werden können: Wird beispielsweise der RUN-Schalter angeklickt, erfolgt die Ausführung des SPS-Steuerprogramms mit Hilfe der Simulation.

Auf der vierten Seite der Lernsoftware kann durch das Zeichnen eines Weg-Schritt-Diagramms die Folgesteuerung von drei Zylindern grafisch programmiert werden (vgl. Abb. 3-3). Soll der Zylinder ausgefahren werden, wird das obere Linienstück (1) des jeweiligen Taktes (0-4) mit der Maus angeklickt; soll der Zylinder einfahren, muß das untere Linienstück (0) des Taktes angeklickt werden. Eine anschließende Simulation verdeutlicht die Verbindung vom Weg-Schritt-Diagramm zur Zylinderbewegung.

Mit dem zweiten Modul können die Impulse für die Zylinderbewegungen über die parallele Schnittstelle des Rechners auch auf reale Systeme übertragen werden. Dazu muß ein geeigneter Ausgabebaustein[1] angeschlossen werden.

[1] z.B. Conrad Best.Nr. 967718 Relaiskarte.

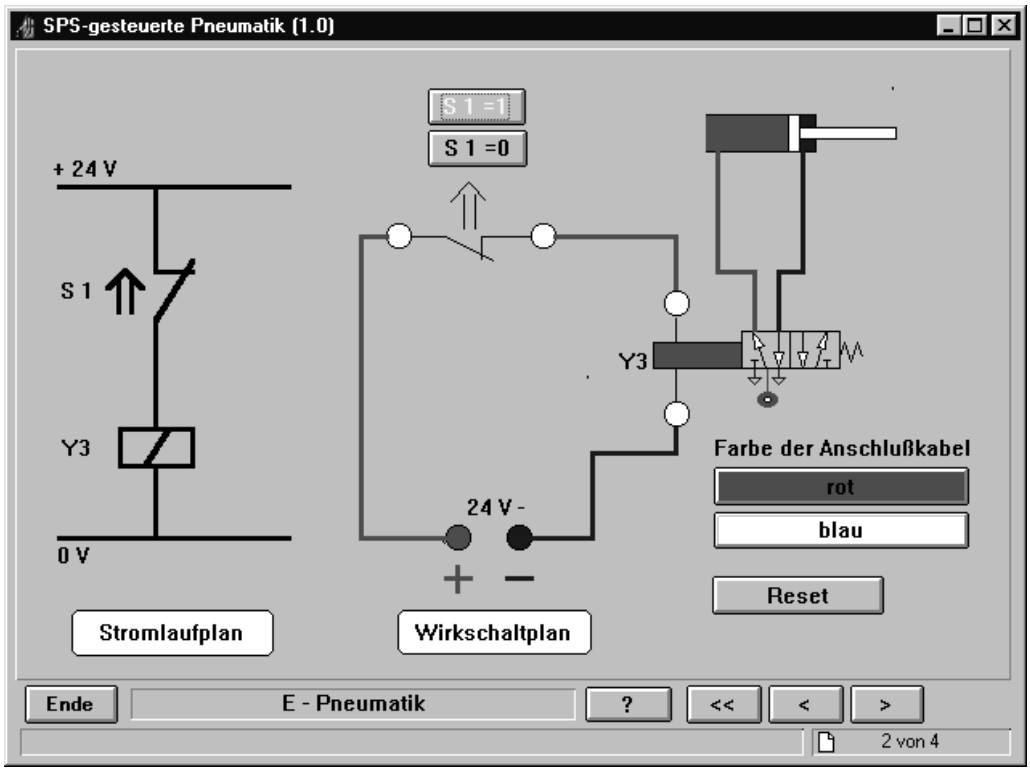


Abb. 3-1: Simulation des Schaltungsaufbaus

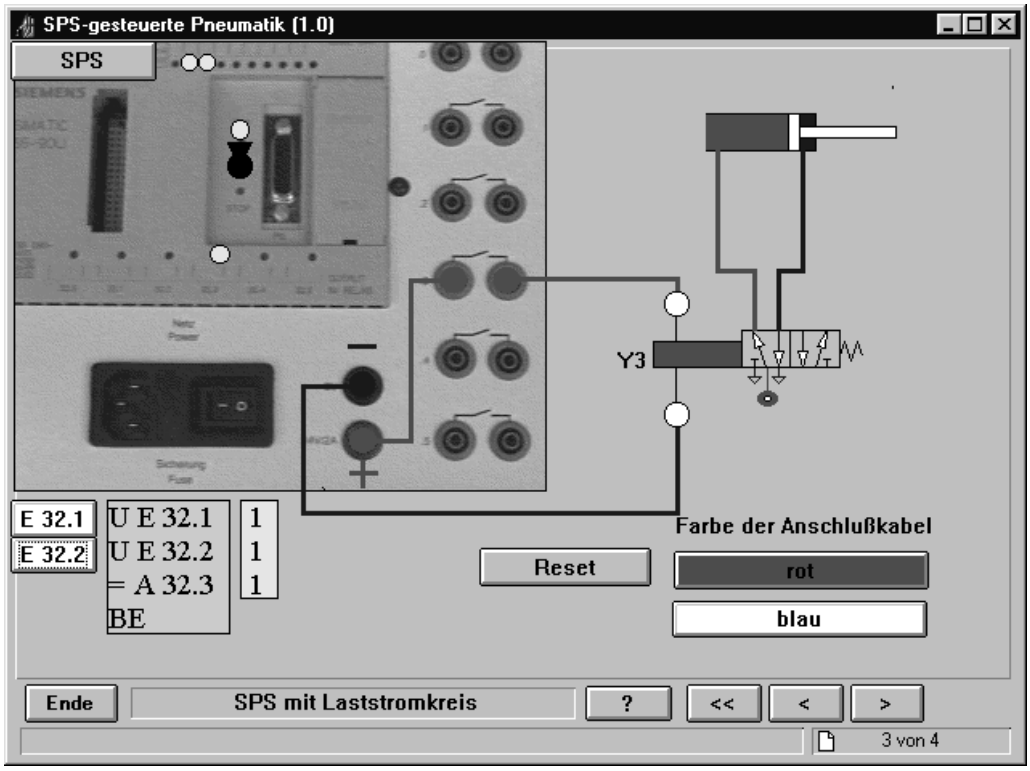


Abb. 3-2: Simulation der SPS

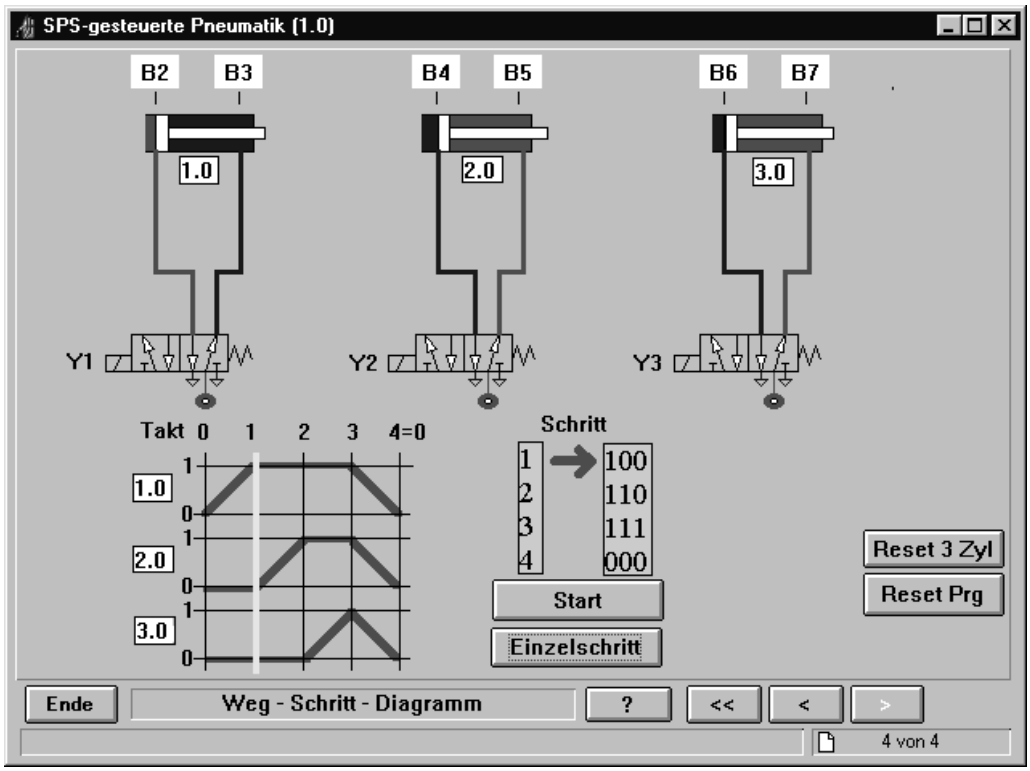


Abb. 3-3: Graphische Programmierung

3.2. Unterrichtserfahrungen

Da zu Anfang des Modellversuchs in unseren Laboren noch keine Multimedia-Rechner zur Verfügung standen, wurden die ersten Unterrichtserfahrungen mit einem Laptop gemacht, an dem ein Projektor angeschlossen war. So diente die entwickelte Lern- und Simulationssoftware zunächst nur zur Erhöhung der Anschaulichkeit des Lehrervortrags. Interessanterweise wurde es nach anfänglichem Zögern aber auch von Schülern benutzt, die sonst nur widerstrebend "an die Tafel" gingen. Offensichtlich wirkte der Einsatz des neuen Mediums auf sie motivierend. Anschließend wurde die SPS-Schaltung von allen Gruppen ohne nennenswerte Lehrerhilfe realisiert. Allerdings gab es beim Aufbau einer ähnlichen Schaltung in der folgenden Woche Schwierigkeiten, weil die Schüler keine schriftlichen Aufzeichnungen vorliegen hatten, in denen sie "nachschlagen" konnten. Sie waren es gewohnt, den Tafelanschrieb in ihre Unterlagen zu übernehmen. Daher sind Arbeitsblätter, auf denen die wichtigsten Lernergebnisse fest-

gehalten werden, eine Voraussetzung für den erfolgreichen Einsatz solcher Simulationsprogramme.

Schwierigkeiten

Leider konnten wir nicht in der Anfangsphase des Modellversuchs je zwei Schülern einen Multimedia-Rechner an ihrem Laborplatz zur Verfügung stellen. Dadurch konnte die Benutzung des Rechners nicht gleichzeitig mit dem praktischen Aufbau erfolgen. Insgesamt gesehen führten Hardwareprobleme zu erheblichen Schwierigkeiten und Verzögerungen in der Modellversuchsarbeit. Die Installation der Multimedia-Rechner war während der Modellversuchszeit doch sehr arbeitsaufwendig und kostenintensiv. Darüber hinaus entstanden Probleme bei der Entwicklung der Software. Insbesondere war es schwierig, fotografische Abbildungen und Videomaterial in die Anwendung zu integrieren. Die verschiedenen Bildformate und Kompressionsarten können nicht von allen Programmen verarbeitet werden bzw. führen bei unterschiedlicher Hardware zu unterschiedlichen Ergebnissen.

Haben selbst erstellte Simulations- und Lernprogramme eine Zukunft?

Die Programmerstellung selbst war nach der schwierigen Anlaufphase doch sehr interessant. Mit Hypermedia-Systemen, wie z.B. ToolBook lassen sich kleine Animationen schnell realisieren. Dabei ist der Script-Recorder häufig eine sehr große Hilfe. Mit ihm lassen sich die Programmbefehle aufzeichnen, während man Objekte "von Hand" manipuliert. Später kann man diese Manipulationen dann mit einem Mausklick automatisch ablaufen lassen, um einen Animationseffekt zu erreichen. Bei größeren Projekten ist ein streng modularer Aufbau und ein "Drehbuch" unabdingbar.

Sehr schwierig ist es, solch ein Programm neben der alltäglichen Arbeit zu schreiben. Entscheidende Probleme konnte ich eigentlich nur an Wochenenden und in den Ferien lösen. Ich werde am Programm jedoch weiter arbeiten, weil es sehr interessant ist, die eigenen didaktischen und methodischen Erfahrungen auf diese Weise festzuhalten. Wenn jeder Lehrer den Bereich, der ihm am meisten Spaß macht, in kleinen Hypermedia-Modulen darstellen würde, entstünde lawinenartig eine sehr interessante Sammlung, die z.B. über das Internet jedem zugänglich gemacht werden könnte.

3.3. Ökonomische Aspekte

Langfristig läßt sich durch hypermediabasierte Simulationsprogramme das Budget der Schule entlasten, da weniger Realsysteme (Wegeventile, Zylinder usw.) beschafft werden müssen. Wegen der fehlenden Praxisnähe ist ein vollständiger Ersatz in der Berufsschule natürlich nicht empfehlenswert. Sparen kann man auch bei den Mitteln für die Ersatzbeschaffung, denn durch intensives Üben am Simulator wird die Gefahr einer Fehlbedienung kleiner. Bei uns konnte man das am Beispiel der Sensoren sehen: Schlecht instruierte Klassen "produzierten" weit mehr defekte Sensoren als gut ausgebildete. Allgemein ist natürlich zu bedenken, daß nicht alle Fehlermöglichkeiten vorhersehbar und in einem Simulator abbildbar sind. Das programmierte Modell wird immer vom realen System abweichen.

Obwohl sich die Herstellung von Lernsoftware durch Lehrkräfte eigentlich als sehr kostenintensiv herausstellte, sehe ich doch eine gute Zukunftschance für Hypermedia-Autorensysteme wie 'ToolBook' in der Schule. Man kann damit Lernprogramme wirklich auf die unterschiedlichen Bedürfnisse vor Ort anpassen. So wird z.B. nicht irgendeine Maschine bzw. Anlage simuliert, sondern wirklich das System mit genau den Bedienelementen, die in den Fachräumen bzw. Laboren zur Verfügung stehen. Möglich ist darüber hinaus auch die Integration verschiedener Standard-Simulationsprogramme in hypermediabasierte Lernumgebungen.

3.4. Perspektiven

Das Unterrichtsprojekt soll in den nächsten Versionen durch weitere Informations- und Simulationsseiten (bzw. -bücher) so ausgebaut werden, daß der Lernende den Weg zu weiteren Aufgabenlösungen aufgrund seiner individuellen Bedürfnisse selbst bestimmen kann. Folgende Erweiterungen sind geplant bzw. in Arbeit:

- Programmierung einer SPS
- Verwendung externer Eingänge (Sensoren)
- Folgesteuerung mehrerer Zylinder
- Verbindung von Pneumatik, SPS und Robotik.

Der Autor ist an Fragen, Anregungen und Tips im Zusammenhang der hier beschriebenen Lernsoftware sehr interessiert (e-mail: gathmann@uni-bremen.de).

3.5. Literaturhinweise

Bruns, F.W./ Müller, D./ Steenbock, J. (1995): Hypermediagestützte Simulationssysteme für berufliche Schulen. 3. Zwischenbericht zum Modellversuch. Senator für Bildung und Wissenschaft. Bremen.

Gathmann, H./ Schäfer, P.(1995): Unterrichtliche Erprobung und Weiterentwicklung der Lern- und Simulationssoftware zur Elektropneumatik / Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS). In: Bruns u.a. S. 66ff S.104.

Peter Schäfer

4. Lern- und Simulationssoftware "Selbsthalteschaltungen in der Elektropneumatik"

Das Programmpaket Selbsthalteschaltungen in der Elektropneumatik wurde für den Fachunterricht in der Steuerungstechnik (Berufsfeld Metalltechnik/Industriemechaniker) entwickelt und erprobt. Die Software bietet die Möglichkeit, Selbsthalteschaltungen mit Rollentastern bzw. mit Reed-Sensoren in der Elektropneumatik zu simulieren. Im einzelnen wurden folgende Programmfunktionen implementiert: Erklärung der Bauelemente, und die Simulation verschiedener funktionaler Zusammenhänge. Die einzelnen Bauelemente der Schaltung und ihre Funktion lassen sich durch Anklicken mit der Maus erkunden. Kurze Erklärungen des Bauteils und seiner Funktion erscheinen im Kommentarfeld unter den Schaltplänen. Darüber hinaus können verschiedene Schaltvorgänge simuliert werden. Die dynamischen Elemente der Schaltungen werden dabei entsprechend visualisiert, um die funktionalen Zusammenhänge deutlich zu machen.

4.1. Zur Simulation von Selbsthalteschaltungen

Im Unterricht wird der Einsatz der Selbsthalteschaltung in der Elektropneumatik sinnvollerweise erst mit mechanisch betätigten Rollentastern erprobt, da sich hierbei eine Analogie zu schon behandelten rein pneumatischen Steuerungen mit rollenbetätigten 3/2-Wegeventilen ergibt. Als Ausgangspunkt dient dabei der Pneumatikschaltplan. Die Aufgabenstellung besteht darin, daß ein doppeltwirkender Zylinder (1.0) – bei Betätigung des Handtasters S1 – automatisch aus- und einfahren (oszillieren) soll (vgl. Abb. 4-1). Da der Zylinder durch ein elektromagnetisch betätigtes 5/2-Wege-Ventil (1.1) mit Federrückstellung gesteuert wird, muß die elektropneumatische Lösung mit einer Selbsthalteschaltung erfolgen. Dieses ist eine wesentliche Grundschaltung von Steuerungen in Relaistechnik (Speicherfunktion) und bereitet vielen angehenden Industriemechanikern erfahrungsgemäß einiges Kopfzerbrechen.

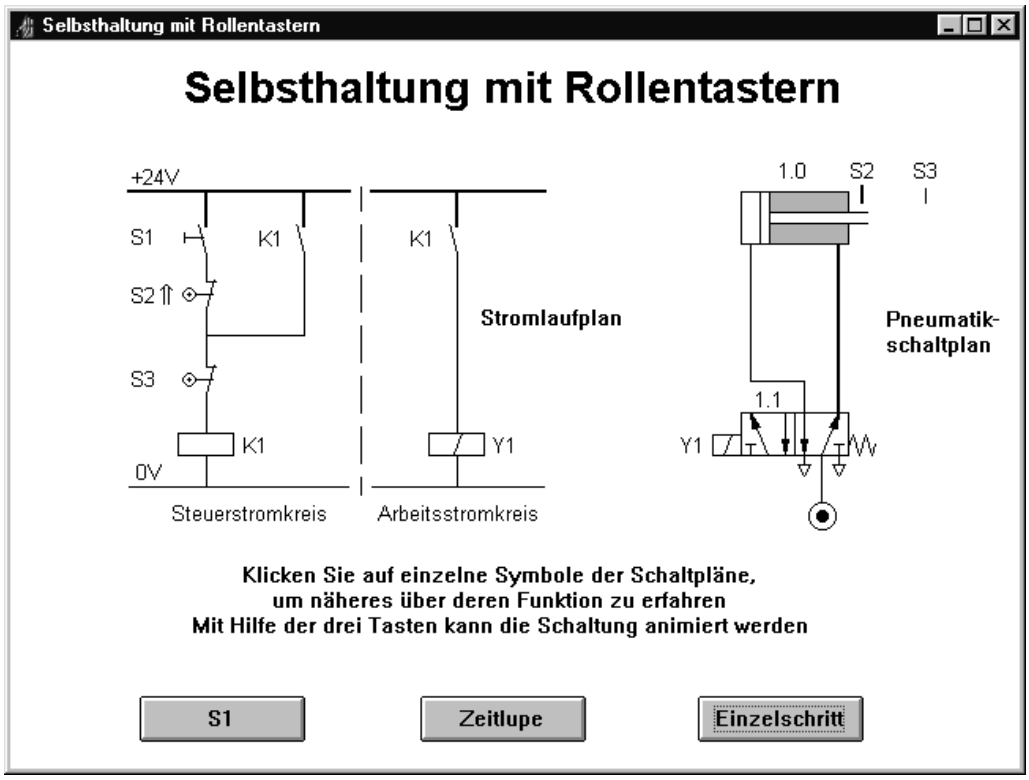


Abb. 4-1: Bildschirmdarstellung der Schaltung mit Rollentastern

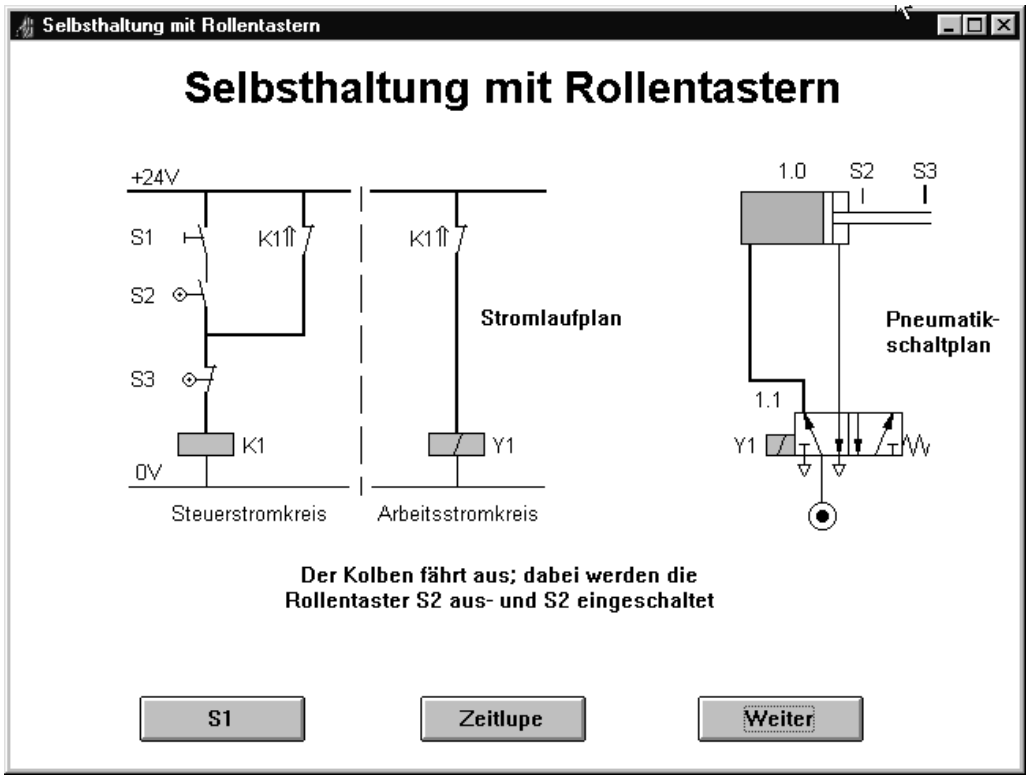


Abb. 4-2: Animation der Bewegungsfolge

(Selbst-)Erklärung der Bauelemente

Im Kommentarfeld unter den Schaltplänen wird der Lernende ermuntert, die einzelnen Elemente der Schaltung und ihre Funktion durch Anklicken mit der Maus zu erkunden. Während mehrere Bauteile mit ihrer Bezeichnung sowohl im Stromlaufplan als auch im Pneumatikschaltplan erscheinen (S2, S3, Y1), findet sich K1 gleich dreimal im Stromlaufplan. Um diese anfangs verwirrenden Bezüge deutlicher zu machen, wird das jeweils zum angeklickten Bauteil korrespondierende Element – falls vorhanden – durch Umrahmung optisch hervorgehoben. Gleichzeitig erscheint in einem Kommentarfeld eine kurze Erklärung des Bauteils und seiner Funktion.

Simulation der Schaltung

Sowohl der Pneumatikschaltplan als auch der zugehörige Stromlaufplan können in ihren beweglichen Elementen animiert werden und entsprechend den tatsächlichen Zusammenhängen interagieren. Wenn der Handtaster S1 auf dem Bildschirm über die linke Schaltfläche (Button S1) mit der Maus betätigt wird, läuft entsprechend ein kompletter Steuerungszyklus ab. Abb. 4-2 zeigt eine Momentaufnahme dieses Ablaufs. Alle Schaltvorgänge werden dabei sowohl im Stromlaufplan als auch im Pneumatikschaltplan sichtbar. Zur Verdeutlichung kann der Vorgang auch in Zeitlupe oder in Einzelschritten dargestellt werden, siehe entsprechende Schaltflächen in den Bildschirmdarstellungen. So kann die sonst schwer zu begreifende Funktion der elektrischen Schaltung erfahrbar gemacht werden. Aber auch die wechselseitige Abhängigkeit zwischen Pneumatikschaltung und Stromlaufplan wird deutlicher.

Im nächsten Schritt werden dann die Rollentaster S2 und S3 durch (Reed-) Sensoren B1 und B2 ersetzt (vgl. Abb. 4-3). Diese Schaltungsvariante stellt eine zeitgemäßere Version dar. Erklärfunktion und Simulation der kompletten Schaltung verhalten sich ähnlich wie in der Ausführung mit Rollentastern. Der Stromlaufplan verkompliziert sich jedoch durch ein weiteres Relais K2. Dieses Relais wird nötig, da die in der Praxis verwendeten Reed-Sensoren keine Öffnerfunktion haben. So wird hilfsweise ein Öffner von K2 benutzt, um die Selbsthaltung zu unterbrechen.

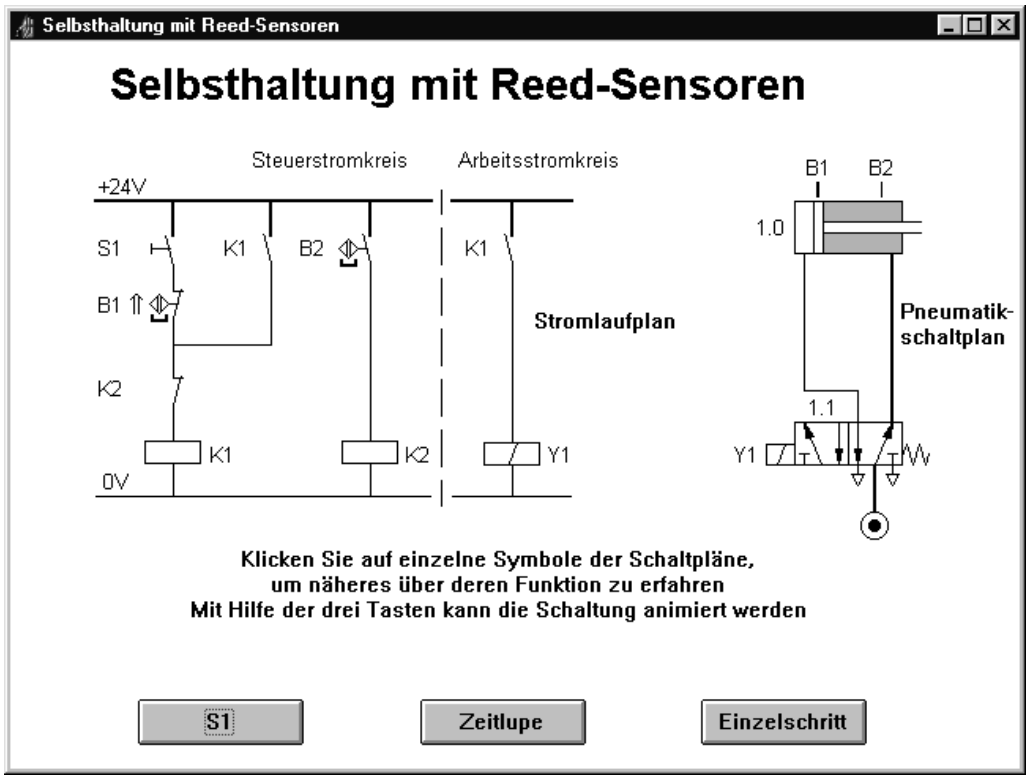


Abb. 4-3: Schaltung mit Reedsensoren

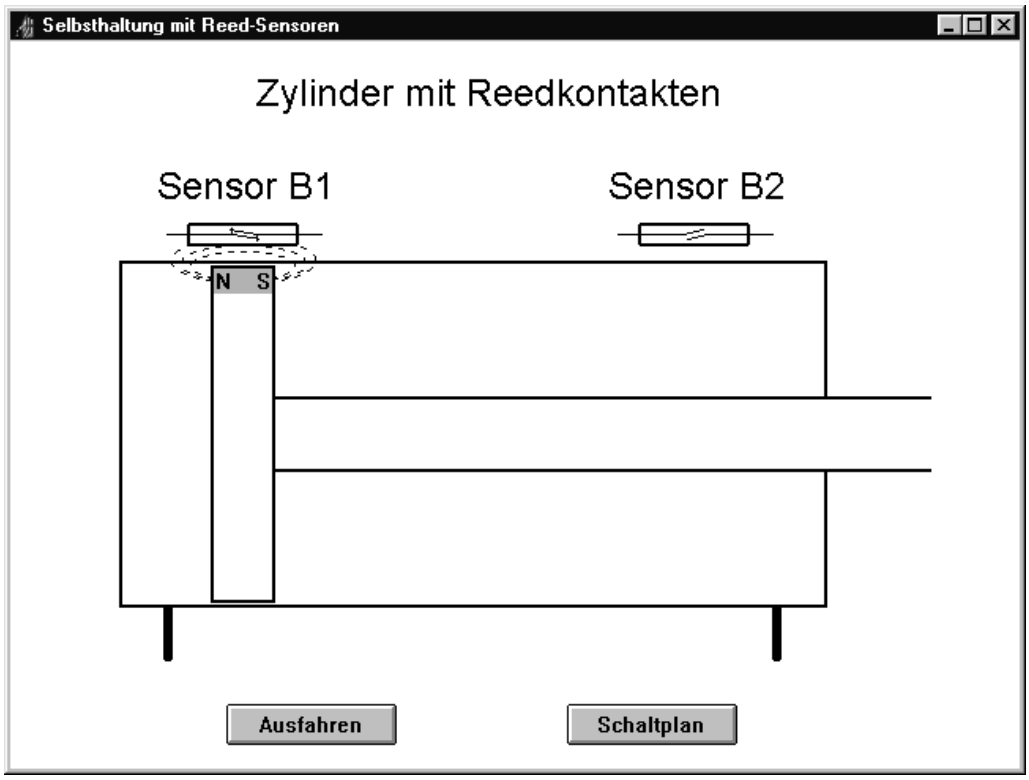


Abb. 4-4: Zylinder mit Reedsensoren

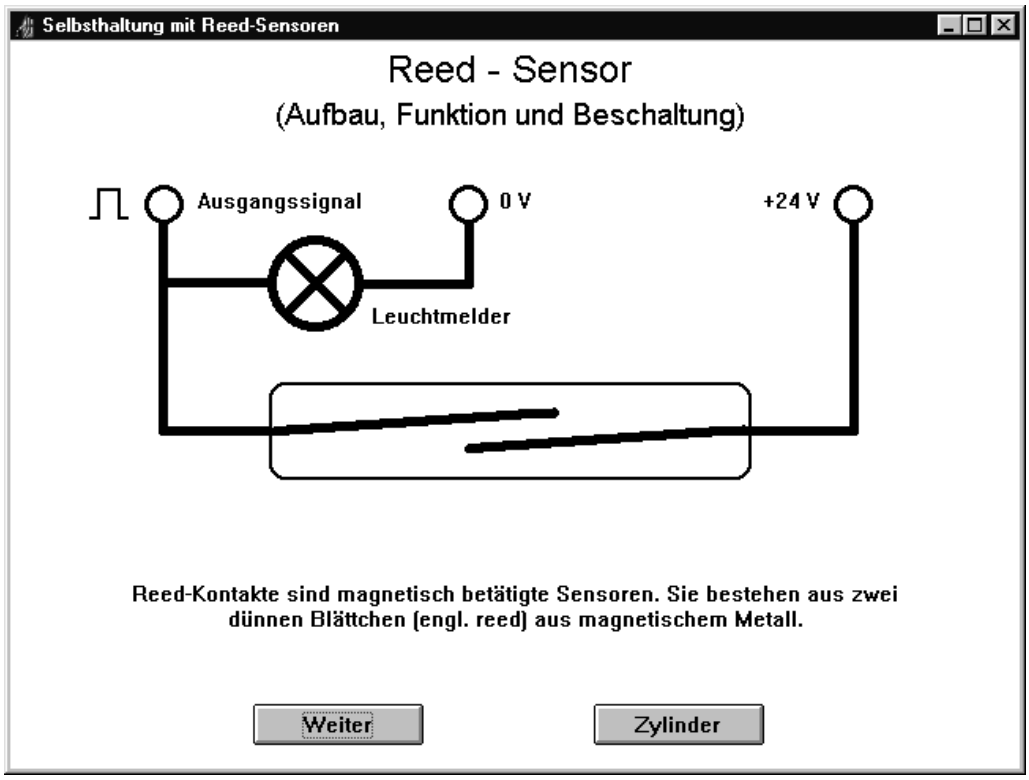


Abb. 4-5: Reedsensor-Funktion

Die Simulation dieser Schaltungsversion enthält darüber hinaus noch eine weitergehende Darstellung der Reed-Sensoren. Ist bei der Ausgangsschaltung mit den mechanisch betätigten Rollentastern deren Schaltfunktion noch eindeutig nachvollziehbar, so ist dieses bei den Sensoren nicht mehr gegeben, wenn man von der Anzeige durch eine Leuchtdiode absieht. Durch einen Doppelklick mit der Maus auf den Zylinder erhält man die Bildschirmdarstellung wie in Abb. 4-4 gezeigt. Einen Hinweis auf diese Funktion erscheint nach der Einzelschritt-Simulation im Kommentarfeld. Nach Simulation der vergrößerten Zylinder-/Reedkontakt-Darstellung erscheint wiederum eine Aufforderung, einen Doppelklick auf einen der Sensoren auszuführen, um deren Großdarstellung zu erhalten (vgl. Abb. 4-5). Auch hier kann wieder eine Einzelschritt-Simulation durchgeführt werden. Gleichzeitig wird die Beschaltung von dreipoligen Sensoren deutlich. Mit der jeweils rechten Taste erreicht man die vorhergehende Bildschirmseite.

4.2. Didaktische Aspekte

Lern- und Erkenntnisprozeß

Da die Lern- und Simulationssoftware zur Elektropneumatik als Ergänzung des bestehenden Laborunterrichts konzipiert wurde, war von vornherein kein Ersatz der Realsysteme geplant. So führt der Einsatz der Simulation denn auch nicht zum Erfahrungsverlust, da der direkte handlungsorientierte Schaltungsaufbau nach wie vor im Zentrum des Unterrichts steht. Jedoch führt die Software nach Meinung der Schülerinnen und Schüler zu einer eindeutigen Verbesserung der Anschaulichkeit in den Bereichen des Elektroschaltplans und dessen Anbindung an die Pneumatik.

Durch die Selbsterklärung des Schaltplans sowie seiner Einzelkomponenten im Verbund mit der Simulation des Funktionsablaufs wird die Begriffsbildung der Thematik nachhaltig verbessert. Zusätzliche Erklärungen und Einzelsimulationen ausgesuchter Bauteile unterstützen diesen Aspekt weiterhin.

Besonders die Hilfestellung beim Verständnis der Schaltung und ihrer inneren Zusammenhänge erleichtern den Transfer auf das Realsystem. Hier seien Funktion und Beschaltung der Relais sowie der Reed-Sensoren hervorgehoben, die erfahrungsgemäß den Schülern beim praktischen Schaltungsaufbau die größten Probleme bereiten und demgemäß in der Simulation auch besonders hervorgehoben sind.

Motivation

Im Labor sind die Schüler durch die Möglichkeit zu eigenem Handeln in der Regel von vornherein motivierter als im Theorieunterricht. Dennoch konnte ein gesteigertes Interesse für die Simulation nicht nur während der demonstrativen Einführungsphase, sondern auch in den Phasen des praktischen Schaltungsaufbaus festgestellt werden, wo die Schüler rege von dem Angebot Gebrauch machten, die Software auszuprobieren. Bedingt durch nur einen vorhandenen Rechner (vergl. Lernorganisation) entstand hier meistens ein Engpaß, da bei sechs Gruppen zu je zwei Schülern für jede Gruppe der Rechner zeitlich nur beschränkt zur Verfügung stand. Diese Tatsache wirkt eher demotivierend und sollte durch ein bis zwei zusätzliche Rechner verbessert werden.

Handlungsaspekt

Hier gilt durch den ergänzenden Einsatz der Software im Laborunterricht die eingangs gemachte Feststellung, daß der Unterricht von vornherein auf Handlungsorientierung ausgelegt ist. Eine Verbesserung der vorherigen Situation ist aber dadurch gegeben, daß die Schüler sich bei Bedarf durch die Simulation ergänzende Informationen über Aufbau und Funktion der Schaltung holen können. Eigene Planungsaktivitäten der Schüler werden durch das Programm derzeit nicht besonders unterstützt, da nur eine Schaltung, wenn auch in zwei Varianten, zur Verfügung steht.

Bedingt durch die prozentual zum Gesamtunterricht knappen Laborzeiten und deren starre Einbindung in das Korsett der Stundentafel ist selbstbestimmtes Lernen bei individuellem Arbeitstempo illusorisch. Aber auch bei entsprechenden Rahmenbedingungen setzt letztgenannte Lernform auch entsprechend selbständige Schüler voraus, die aus Eigeninteresse an der Sache sich ein Thema erarbeiten. In letzter Konsequenz führen solche Forderungen zum Einzelkämpfer, der seine Ausbildung isoliert am heimischen Rechner per Internet betreibt und sich nur noch für das eine oder andere Labor sowie für Prüfungen zu diesem Zweck aus der Wohnung begibt.

Lernorganisation

Wie schon im 2. Zwischenbericht angedeutet, erfolgte der Einsatz der Simulationssoftware im Unterricht im Schulzentrum Im Holter Feld mittels eines tragbaren Computers (Laptop, 486s/33 MHz mit 4 MB Arbeitsspeicher, 120 MB Festplatte und LCD-Graustufendisplay) im Zusammenhang mit einem LCD-Graustufendisplay für die Projektion über einen Overheadprojektor.

Diese Lösung wurde aus zwei Gründen gewählt. Erstens setzt die unter ToolBook entwickelte Software mindestens Windows 3.1 voraus. Während der Laufzeit des Modellversuchs stand jedoch kein entsprechend ausgerüsteter Rechnerraum für den Unterricht in den betroffenen Lerngebieten zur Verfügung. Zweitens sollte die Lernsoftware punktuell den Laborunterricht an neuralgischen Stellen unterstützen aber nicht den praktischen Schaltungsaufbau ersetzen. Diese Konzeption beinhaltet allerdings den Nachteil, daß die Simulation entweder nur in Form einer Demonstration durch den Lehrer erfolgen kann oder Schüleraktivitäten am Simulator auf

ein bis zwei Schüler beschränkt bleiben. Bewährt hat sich eine Kombination beider Methoden: Zuerst erfolgt eine einführende Demonstration durch den Lehrer. Dabei wurden bewußt nur die für die Vorbereitung des Schaltungsaufbaus wesentlichen Punkte der Software vorgeführt. Während der anschließenden Praxisphase konnten sich die Schüler dann bei Bedarf in Kleingruppen selber an den Rechner setzen, um entweder die Schaltungsfunktion dort, wo es mit dem Verständnis noch hakte, zu rekapitulieren oder um das weitere Umfeld der Schaltung zu erkunden. Da von diesem Angebot reger Gebrauch gemacht wurde, kam es natürlich häufiger zu Engpässen. Hier hätten ein bis zwei zusätzliche Rechnerarbeitsplätze sicher eine deutliche Entlastung gebracht.

Die Konzeption des Laptop-Einsatzes verfügt weiterhin über den nicht zu unterschätzende Vorteil, daß Vorführungen flexibel und mobil in jedem Klassenraum z.B. im Rahmen des Theorieunterrichts (als Vorbereitung und Begleitung des Laborunterrichts) stattfinden können und man nicht auf die Verfügbarkeit entsprechend ausgerüstete Fachräume angewiesen ist. Einen Nachteil stellt wegen der geringeren Anschaulichkeit die Beschränkung auf Schwarz-Weiß-Darstellung bzw. Graustufen dar. Farb-LCD-Displays schieden jedoch wegen der hohen Kosten und der geringen Lichtstärke im Zusammenhang mit den in der Schule vorhandenen Overheadprojektoren aus. Für den erweiterten Einsatz auf Schülerrechnern mit Farbmonitoren wurde die Software jedoch an die Farbdarstellung angepaßt. Die Weiterentwicklung der Lernsoftware mit Anbindung an die Elektropneumatik/SPS-Hardware wurde schon von vornherein farbig konzipiert.

Leistungsbewertung

Aus dem bisherigen Einsatz der Simulation als Ergänzung des Laborunterrichts ergeben sich in der derzeitigen Form keine simulationseigenen Instrumente der Leistungsbewertung. Die Bewertung erfolgte wie vor Einsatz der Simulation anhand von Schaltungsaufbauten nach vorgegebenem Schaltplan, ergänzt durch die Erstellung eigener Schaltpläne nach Funktionsdiagramm sowie der Fehlersuche an Schaltungen. Bei Ergänzung des Programms durch eine Simulation des Anschlußplans der E-Pneumatik ließe sich hier auch ein Test implementieren. Es bleibt aber immer zu überlegen, ob man die kostbaren weil knappen Laborstunden nicht dem direkten Handlungslernen am Realsystem vorbehalten soll. Vorstellbar wäre aber

der Einsatz einer erweiterten Simulation im laborbegleitenden Theorieunterricht.

4.3. Erfahrungen mit der Lern- und Simulationssoftware zur Elektropneumatik im Unterricht

Erfahrungen im Labor Elektrotechnik (1. Ausbildungsjahr)

Zuerst bot es sich an, die Animation des Stromlaufplans der Selbsthalteschaltung noch während der Entwicklungsphase mit zwei Gruppen im Labor Elektrotechnik mit Klassenteilung zu erproben. Der Einsatz erfolgte mit je einer Gruppe von Industriemechanikern und Konstruktionsmechanikern. Dabei hatten letztere erwartungsgemäß wesentlich größere Probleme beim Verständnis der abstrakten Zusammenhänge in elektrischen Schaltungen. Mit dieser Lerngruppe wird normalerweise die Selbsthalteschaltung im Rahmen des Elektrotechnik-Labors nicht behandelt und auch in der späteren Ausbildung spielt die Steuerungstechnik nicht die Rolle wie bei den Industriemechanikern. Dennoch war immerhin etwa die Hälfte der Gruppe in der Lage, die Vorgänge anhand der Einzelschritt-Simulation nachzuvollziehen. Bei den Industriemechanikern waren nach zwei Durchgängen 8 von 10 Auszubildenden in der Lage z.B. die Aktion des jeweils nächsten Schritts vorherzusagen. Einer weiteren Gruppe von Industriemechanikern, die den Elektropneumatik-/SPS-Kurs bereits absolviert hatten, wurde die Simulation ebenfalls gezeigt. Auch hier zeigten sich durchaus positive Effekte durch den Einsatz der Simulation.

Erfahrungen im Labor Elektropneumatik (3. Ausbildungsjahr)

Im nächsten Halbjahr wurden die weiterentwickelten Simulationen mit zwei Lerngruppen des Ausbildungsberufes Industriemechaniker im Labor Elektropneumatik / SPS-Technik erprobt. Die erste Gruppe war recht interessiert und dem Stoff soweit gewachsen, daß auch einzelne Schüler vor der Klasse Teile der Simulation – auf Zurufe der anderen Schüler und des Lehrers reagierend – vorführen konnten. Wie schon zuvor stellte sich auch hier der in Einzelschritten animierte Stromlaufplan der Selbsthalteschaltung in der wechselseitigen Verknüpfung mit dem Pneumatikschaltplan nach übereinstimmender Aussage der Gruppe als gute Lernhilfe bei der Durchdringung der Schaltungszusammenhänge heraus.

Die zweite Gruppe erwies sich als wesentlich lernschwächer. Besonders stellte sich die Vermittlung der steuerungstechnischen Hintergründe sowie deren praktische Realisierung im Schaltungsaufbau als problematisch heraus. Da die Schwierigkeiten bei der kognitiven Durchdringung schon sehr früh einsetzten, kam die Simulation am Beispiel der Selbsthalteschaltung hier eigentlich im stofflichen Ablauf zu spät. Für schwächere Lerngruppen wäre es sinnvoll, die Software im Hinblick auf die Grundlagen der elektrischen Steuerungstechnik auszuweiten. Dennoch wurde auch von dieser Gruppe die Simulation als hilfreich anerkannt.

Das verbesserte Verstehen der internen Schaltungsvorgänge hatte jedoch – auch bei der ersten Gruppe – nur geringen Einfluß auf den Erfolg beim praktischen Schaltungsaufbau. Die Umsetzung des abstrakten Stromlaufplans in die konkrete "Kabelage" bereitete fast allen Auszubildenden Kopfzerbrechen. Hierbei gibt die Simulation bisher auch keine Hilfestellung

4.4. Softwareentwicklung

Erfahrungen mit dem Einsatz kommerzieller Simulationssoftware im Unterricht lagen mit verschiedenen CNC-Simulatoren sowie dem Programm LogiCAD zur Steuerungstechnik vor. Für den Einsatz in der Elektropneumatik vorgesehene Software wie etwa diejenige der Firma FESTO bildet praktisch einen kompletten Baukasten für die Erstellung und Simulation auch komplexer Schaltungen auf dem Bildschirm. Da aber der Unterricht in diesem Bereich aus didaktischen Gründen, wie schon erwähnt, in Laborform an den realen Systemen erfolgt, macht es keinen Sinn, diese durch virtuelle Systeme zu ersetzen. Sinn macht es jedoch, den Laborunterricht durch den gezielten Einsatz von Simulationen vorzubereiten bzw. punktuell zu begleiten. Besonders dort, wo die Funktion schwer zu durchschauen ist, wie im Elektroschaltplan und an der Schnittstelle zwischen Elektrik und Pneumatik, kann der gezielte Einsatz einer Simulation das Verständnis der Schaltung und ihren anschließenden Aufbau erleichtern. Da kommerzielle Systeme hier meist versagen und durch ihre Komplexität von den jeweils wichtigen Problemstellungen eher ablenken, wurde eine Eigenentwicklung in Angriff genommen.

Die bisherige Programmiererfahrung beschränkte sich, wenn man von privaten Projekten einmal absieht, weitgehend auf den Einsatz von Programmiersprachen wie BASIC und PASCAL im Informatikunterricht. Dabei kommt man in der Berufsschule meist über kleine Programm-Module nicht hinaus, wie sie von den Schülern in einer Doppelstunde programmiert werden können. Als umfangreicheres Projekt wurde bisher nur ein per Maus zu bedienendes Zeichenprogramm im Rahmen des Informatikunterrichts an der Gymnasialen Oberstufe erstellt. Erfahrungen mit der Erstellung von Lernsoftware im eigentlichen Sinne lagen vor diesem Projekt jedoch nicht vor.

Insbesondere lagen auch keine Erfahrungen mit der Programmierumgebung ToolBook vor, so daß anfänglich ein nicht zu unterschätzender Einarbeitungsaufwand anfiel. Dabei stellte sich heraus, daß sich mit ToolBook zwar schnell Anfangserfolge einstellen, man aber mit wachsender Komplexität des Projekts Gefahr läuft, die Übersicht zu verlieren. Bei einer konventionellen Programmiersprache kann man den Programmtext jederzeit als zusammenhängendes Textfile auf dem Monitor ansehen oder ausdrucken. So läßt sich die Programmstruktur mehr oder weniger leicht nachvollziehen oder bei Bedarf verändern. Bei ToolBook hingegen verstecken sich die verschiedensten Einzelskripte hinter den jeweiligen, die Anwendung konstituierenden Grafik- oder Textelementen auf dem Bildschirm. Nicht genug, auch der Bildschirmhintergrund, die jeweilige Bildschirmseite und nicht zuletzt das Buch als zusammenfassendes Strukturelement können die verschiedensten Skripte enthalten. ToolBook bietet dabei keine eigenen Strukturierungshilfen an, so daß eigentlich eine vorhergehende detaillierte Grob- und Feinplanung des Projekts erfolgen müßte. Mangels vorhergehender Erfahrung mit ToolBook wurde dieses aber erst erkannt, als es bedingt durch den dynamischen Wachstumsprozeß der Simulation schon zu spät war. Weiterhin hätte nebenher die Programmentwicklung laufend dokumentiert werden müssen, um z. B. die Übersicht über die globalen Variablen, die verschiedenen Unterprogramme und ihre wechselseitige Verknüpfung zu behalten.

Arbeitsökonomisch sind eigene Simulationsprojekte nur zu erstellen, wenn man sich ganz auf den Entwicklungsprozeß konzentrieren und täglich mehrere Stunden ununterbrochen daran arbeiten kann. Ohne zeitliche Entlastung z. B. durch Mitarbeit in einem Modellversuch sind Entwicklungen

quasi zusätzlich zur normalen Unterrichtsvor- und -nachbereitung kaum leistbar. Aber auch die im vorliegenden Fall gewährte Entlastung von vier Wochenstunden über den Modellversuchszeitraum bringt während der Hauptentwicklungsphase nur eine geringe Erleichterung. Wird die Arbeit dagegen immer wieder durch das unterrichtsbedingte Alltagsgeschäft unterbrochen, so fällt es regelmäßig schwer, sich bei Wiederaufnahme der Arbeit am Projekt wieder in den letzten Entwicklungsstand einzudenken. Durch Unterbrechung des Arbeitsablaufs geht auf diese Art viel Zeit verloren.

Für die Zukunft lassen sich aus den Erfahrungen folgende Schlüsse für etwaige Neu- bzw. Weiterentwicklungen ziehen:

- Beschränkung auf kleine, kompakte Bausteine,
- vorherige Planung des übergeordneten, integrierenden Baukastens,
- Durchführung im Block etwa im Rahmen einer einwöchigen Lehrerfortbildung zusammen mit an den Projekt beteiligten Kollegen.

4.5. Ökonomische Aspekte

Inwieweit sich durch den Einsatz von Simulationssoftware im Unterricht Kosten einsparen lassen, soll nachfolgend näher betrachtet werden. Wie schon unter dem Aspekt der Softwareentwicklung beschrieben, ist der Entwicklungsprozeß eigener Simulationen recht zeitaufwendig und es entstehen hierdurch zunächst einmal Kosten. Da im vorliegenden Fall kein Realsystem durch den Softwareeinsatz ersetzt wurde, entfällt auch hier ein Einsparungsmoment. Dieser Fall ist auch nur dort von Belang, wo aus Kosten- oder Sicherheitsgründen die Anschaffung eines Realsystems für den Unterricht von vornherein ausscheidet. Wenn immer möglich, sollten die Schüler jedoch Handlungskompetenz am Gerät selber erlangen. Dabei allerdings können Simulationen eine hilfreiche Ergänzung darstellen, die zur Vermeidung von Fehlbedienung am Realgerät beitragen und hierdurch Kosten sparen helfen kann. Als Beispiel mag hier der Einsatz der Reed-Sensoren an den verwendeten Pneumatikzylindern dienen. In der Vergangenheit wurden je Halbjahr in der Regel 6-8 Sensoren zum Preis von ca. 150,- pro Stück durch Fehlanschluß im Labor zerstört. Allein hier ergibt sich schon ein beachtliches Einsparungspotential, wenn durch die An-

schauung des Funktions- und Anschlußschemas der Simulation zukünftig weniger Fehlverdrahtungen vorkommen. Ähnliches gilt für die Relais. Hier ist die Simulation jedoch noch ergänzungsbedürftig, um auch eine Probeverdrahtung am Rechner vor dem realen Schaltungsaufbau vornehmen zu können. In der Weiterentwicklung der Einbindung der SPS in die E-Pneumatik wurde dieser Aspekt schon weitgehend berücksichtigt.

4.6. Literaturhinweise

Bruns, F.W./ Müller, D./ Steenbock, J. (1995): Hypermediagestützte Simulationssysteme für berufliche Schulen. 3. Zwischenbericht zum Modellversuch. Senator für Bildung und Wissenschaft. Bremen.

Gathmann, H./ Schäfer, P.(1995): Unterrichtliche Erprobung und Weiterentwicklung der Lern- und Simulationssoftware zur Elektropneumatik / Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS). In: Bruns u.a. (1995)

Wolfram Böck

5. Hypermediagestützte Software zur Simulation eines Mikroprozessors

Zum Einstieg in die Assembler-Programierung wurde eine hypermediagestützte Software zur Simulation eines Mikroprozessors (*EduCPU*) entwikkelt und im Bildungsgang "Berufsfachschule Technische Assistenten/innen für Informatik" erprobt. Das Lernprogramm ermöglicht die Programmierung und Simulation einer Modell-CPU im Zusammenspiel mit den übrigen Komponenten (Kontroll-, Adreß- und Datenbus) eines Computers. Eingebaut ist ein symbolischer Assembler, mit dem die ersten Versuche zur Programmierung der CPU unternommen werden können. Die vom Autor entwickelte Lernsoftware *EduCPU* soll das Lernen an komplexeren Realsystemen, wie z.B. den in der beruflichen Bildung verbreiteten MFA-Computer, vorbereiten.

5.1. Didaktische Aspekte

Die Modell-CPU ist didaktisch reduziert, deshalb fehlen Register und Interrupts. Das Lernprogramm enthält umfassende hypertextbasierte Hilfefunktionen. Um die pädagogischen Intentionen, die in diesem Vorhaben verfolgt wurden, deutlich zu machen, wird im folgenden zunächst auf den besonderen Zusammenhang von Real- und Modellsystem eingegangen.

CPU und Befehlssatz des Realsystems (MFA-Computer)

Die CPU des Realsystems ist ein 8-Bit-Prozessor mit 16-Bit breitem Adreß- und Datenbus. Die Prozessor-Register sind 8-bittig, lassen sich aber für einige Befehle 16-bittig ansprechen, dabei ist der Befehlssatz alles andere als orthogonal. Diese Komplexität verwirrt eher. Das Zusammenspiel zwischen CPU und Peripherie wird nicht deutlich, die einzelnen Phasen (Holen, Decodieren, Ausführen) bei der Abarbeitung des Codes bleiben im dunklen. Die Quelltexteingabe und Assemblierung erfolgen auf einem Industriestandard-PC. Die Quelltexte werden mit einem Texteditor erstellt und bearbeitet, von dem aus sich ein Crossassembler und ein Da-

tenübertragungsprogramm starten lassen. Ist der Assembliervorgang erfolgreich, wird das Assemblat über eine serielle Verbindung in den Arbeitsspeicher des MFA-Rechners geladen. Dort kann der Code dann mit einem Monitorprogramm gestartet und ausgeführt werden. Programmstart und Debuggen finden in einem karg ausgestatteten Monitorprogramm statt. Zusammenfassend läßt sich feststellen: Wie ein Von-Neumann-Rechner arbeitet, läßt sich am Realsystem wegen der Komplexität und Inorthogonalität des Befehlssatzes, der Komplexität der Bedienung und dadurch, daß wesentliche Dinge verborgen bleiben, nur sehr unzureichend und erst nach langem Vertrautmachen mit dem Realsystem erfahren.

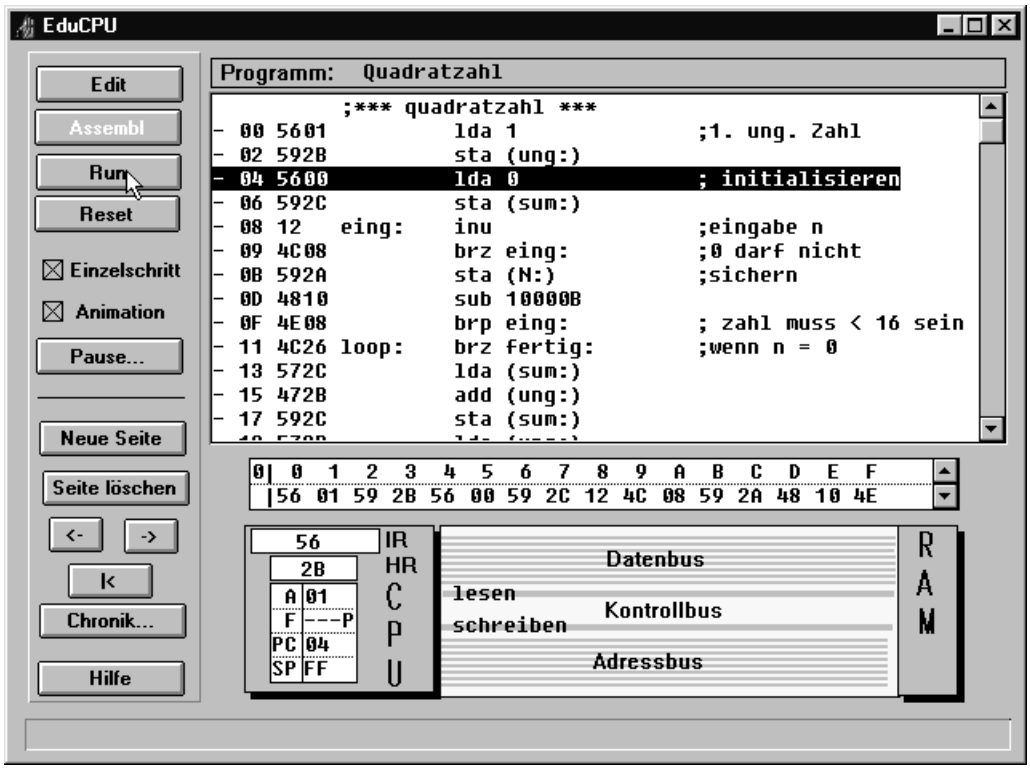


Abb. 5-1: EduCPU

CPU und Befehlssatz des Modellsystems

Die Modell-CPU basiert auf einem 8-Bit-Prozessor mit 8-Bit breiten Adreß- und Datenbus. Es gibt keine Register bis auf den Akkumulator. Darüber hinaus existieren nur 1-Byte bzw. 2-Byte-Befehle. Ein- und Ausgabebefehle wurden als Maschinenbefehle realisiert, da es in der Simulation keine Verbindung zu irgendeiner Peripherie wie Kippschalter oder Leuchtdiodenzeilen gibt. Die Eingabe von Daten erfolgt dementsprechend

über ein Dialogfenster, dabei wird zwischen Zahlen ohne und Zahlen mit Vorzeichen unterschieden. Der Befehlssatz der Modell-CPU ist weitgehend orthogonal, wie folgendes kleines Assembler-Listing verdeutlicht:

```
; ***** Programm ZahlVergeich *********
;erfragt Zahlen a und b
;gibt 1 aus fuer a > b
;gibt 0 aus fuer a = b
;gibt -1 aus für a < b
anf:    inu          ;Eingabe a
        sta (a:)     ;sichern
        inu          ;Eingabe b
        sta (b:)     ;sichern, b noch im Accu
        sub (a:)     ;Vergleich mit a
                     ;a wird von b subtrahiert
        brz gleich:  ;wenn a = b
        brp aKlb:    ;wenn a < b
        ; jetzt ist a > b
        lda 1        ;Die 1 soll sagen: a > b
        jmp ausg:
gleich: lda 0        ;0 sagt a = b
        jmp ausg:
aKlb:   lda -1       ;-1 sagt a < b
ausg:   out          ;Ergebnis wird ausgegeben
ende:   HALT
a:      .db 0        ;Platz fuer 1 Byte
b:      .db 0
        .END         ;Pseudo-Opcode
```

Programm 5-1: Beispiel eines Quelltextes

In einem Textfeld können die Quelltexte eingegeben und überarbeitet werden. Die Steuerung erfolgt über Schaltflächen, die je nach der Situation aktiviert oder inaktiv sind (vgl. Abb. 5-1). Der Zustand der Schaltflächen (Edit, Run, Reset usw.) wird optisch dargestellt, indem inaktive Schaltflächen grau unterlegt sind. Haltepunkte (Breakpoints) können durch einfaches Klicken in der ersten Spalte des Assemblats gesetzt oder gelöscht werden. Im unteren Drittel befinden sich links Navigations-Schaltflächen, und unter dem Textfeld läßt sich das RAM inspizieren. Der untere Bereich dient zur Visualisierung der Vorgänge auf den Bussen und zeigt den inneren Zustand der CPU (Accu, Hilfs- und Status-Register, Programmzähler und Stapelzeiger). Sollten beim Assemblieren Fehler auftreten, so gibt es eine aussagekräftige Fehlermeldung, und nach Bestätigen dieser Meldung ist der Quelltext da aktiviert, wo der Fehler bemerkt wurde. Anschließend kann das Assemblerprogramm gestartet werden. Im Animationsmodus

werden die Vorgänge auf den Bussen visualisiert und der innere Zustand der CPU wird dargestellt. Darüber hinaus ist ein interaktives Hilfesystem vorhanden: Von jeder Seite aus ist eine Übersicht über den Befehlssatz verfügbar (vgl. Abb. 5-2).

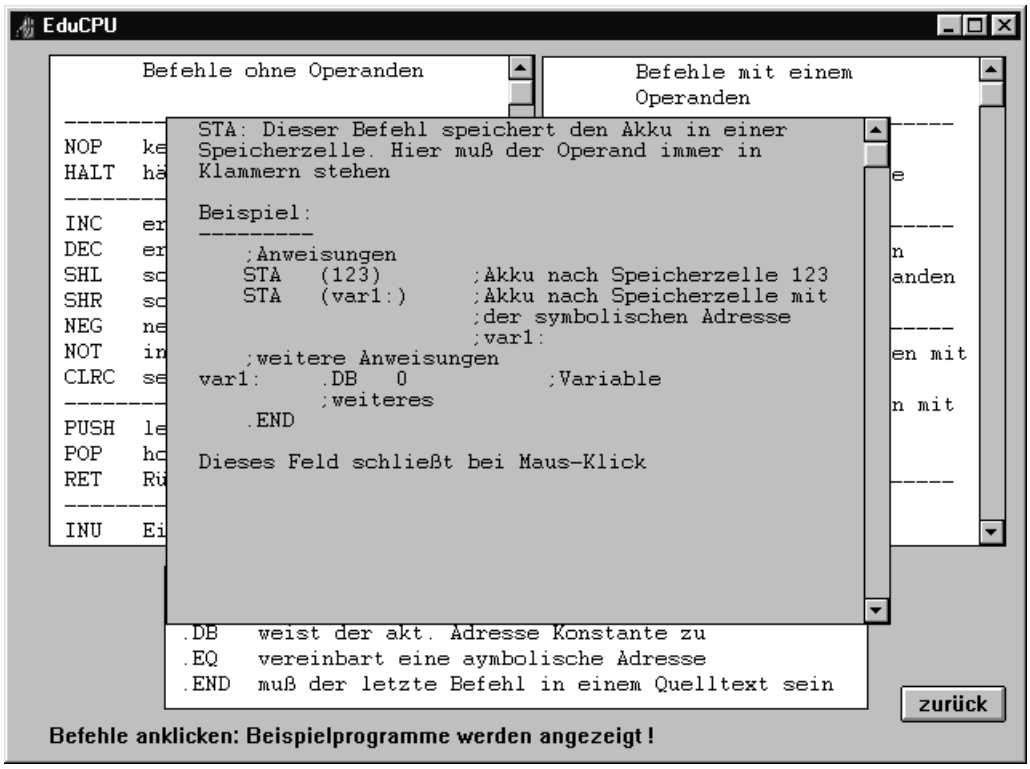


Abb. 5-2: Interaktive Hilfe

Zusammenfassend kann das entwickelte System zur Simulation eines Mikroprozessors im Vergleich zu einem Realsystem wie folgt charakterisiert werden: Simulations- und Realsystem weisen wichtige Unterschiede auf: Die Befehlssätze weichen voneinander ab und die Bedienung ist sehr verschieden. Aber dafür gibt es gute Gründe, den EduCPU soll ja nicht das Realsystem ersetzen, sondern vorbereiten auf das Realsystem, und nicht auf ein spezielles, sondern auf die Assembler-Programmierung unterschiedlichster Prozessoren. Hierzu müssen die Vorgänge in der CPU und das Zusammenwirken mit der Peripherie didaktisch reduziert dargestellt abgebildet werden.

Was bringt die Simulation unter dem Handlungsaspekt?

Ein Realsystem, das schwierig zu bedienen ist und darüber hinaus die grundlegenden Prinzipien durch Komplexität zudeckt, baut zwei Hürden auf:

- Handlungsfähigkeit *am* System wird erst nach langer Beschäftigung *mit* dem System erreicht.
- Die eigentlich zu vermittelnden Prinzipien, d.h. die intellektuelle Durchdringung einer Materie, ohne die – und das ist fast ein Glaubensgrundsatz von mir – bestenfalls eine *Abrichtung auf* ein Realsystem, aber nicht ein *kompetenter Umgang mit* einem solchen zu erreichen ist, wird erschwert durch die Komplexität des Realsystems (z.B. Inkonsistenzen im Befehlsatz).

Ein didaktisch konzipiertes Simulationsystem kann deshalb dazu beitragen, diese Hürden leichter zu nehmen. Es ist dann möglich, daß die einzelnen Schülerinnen und Schüler, sei es in Partnerarbeit oder alleine, individuell bei der Erarbeitung der Inhalte vorgehen können, vor allem dann, wenn dazu auch geeignetes Begleitmaterial erstellt wurde. Der Lehrer als Kompetenzvermittler braucht sich dann weniger um die Überwindung der oben angesprochenen Hürden zu kümmern, sondern kann sich gezielt denen zuwenden, die seine Hilfe besonders nötig haben.

Lernorganisation

Eine Simulation wie EduCPU kann in jedem Fachraum eingesetzt werden, der mit den erforderlichen PCs ausgestattet ist. An dieser Stelle sei noch einmal betont, daß ein Realsystem nicht ersetzt werden soll; der Umgang mit dem Realsystem, sei es der Ausbildungsrechner (hier MFA) oder ein gängiger PC, ist im Ausbildungsgang unverzichtbar und hat seinen Platz in dem zugehörigen Unterrichtsfach (Technische Informatik/Praktikum zur Technischen Informatik). Das wird sich ähnlich auch bei den anderen im Modellversuch durchgeführten Projekten darstellen, wobei allerdings die Motivation zum Einsatz einer Simulation jeweils anders gelagert sein kann. Bei EduCpu geht es eher, wie oben gesagt, um die Realisation einer virtuellen Modell-CPU, die unter didaktischen Gesichtspunkten konzipiert ist, die es in Silizium nie geben wird, und deren Programmierung bzw. das Debuggen des Codes in eine unkomplizierte Bedienungsoberfläche ge-

packt ist. Sinnvoll kann m.E. EduCPU nur vor der Assembler-Programmierung eines Realsystems eingesetzt werden, da hat es seinen Platz und seine Berechtigung.

5.2. Softwareentwicklung

Nach der Realisierung dieses Projektes mit ToolBook (die eingebaute Skriptsprache heißt OpenScript) bin ich zu folgenden Einschätzungen gekommen: Entgegen den werblichen Aussagen der Anbieter von Hypermedia-Systemen ist der Aufwand nicht zu unterschätzen, die eine Implementierung mit sich bringt. Die gefällige Präsentation von Informationen – seien es textuelle, bildliche oder auch akustische –, die durch Hyperlinks miteinander verkettet sind, ist vergleichsweise relativ leicht zu realisieren und erfordert nicht allzuviel Erfahrung in der Programmierung. Ist aber exzessive Algorithmik nötig, so kommt die eingebaute Skriptsprache schnell an ihre Grenzen. So angenehm eine typfreie Programmiersprache auch sein mag, sie ist fehlerträchtig. Dazu kommt, daß längere Quelltexte sowie die über eine Vielzahl von Objekten verstreuten Programmteile nur durch eine äußerste Programmierdisziplin angemessen überblickt werden können.

Unter *normalen* Umständen (Regelstundendeputat) kann die Erstellung von hypermedialen unterrichtsbegleitenden Materialien nur 'eine Nummer kleiner' als bei dieser Anwendung realisiert werden. Denkbar wären beispielsweise kleine Hypermedia-Anwendungen wie *'lebende' Buchillustrationen*, Animationen usw.

5.3. Kostenaspekte

Vordergründig betrachtet springen zwei Quellen ins Auge, aus denen sich die Verringerung von Kosten bei der Substitution von Realsystemen durch wie auch immer geartete Simulationen speist:

- Beschaffungskosten: Die Simulation kann die Anzahl der benötigten Realsysteme reduzieren. Das schlägt sich unmittelbar in der Anzahl der – und damit den Kosten für die – zu beschaffenden Realsysteme nieder. Oft erlaubt erst der Einsatz von Simulationen ein "Training on

the Job" für hinreichend viele Auszubildende, da mehrere Realsysteme nicht nur beschafft werden müssen, sondern auch bauliche Voraussetzungen erfordern.

- Wartungs- und Reparaturkosten: Bei der Fehlbedienung von Realsystemen kann das Realsystem zerstört oder beeinträchtigt werden, was sehr prohibitive Reparaturkosten nach sich ziehen kann. Man denke nur eine CNC-gesteuerte Werkzeugmaschine, bei der das Werkzeug in die Spannvorrichtung fährt. Der Einsatz von Simulationen kann deshalb Kosten reduzieren und Folgekosten vermeiden.

Selbst wenn eine Simulation ein Realsystem so weit wie mit vertretbarem Aufwand eben möglich abbildet, läßt sich das Realsystem eben nicht durch die Simulation ersetzen, weil im allgemeinen haptische Reize und Geräusche fehlen und vor allem in der besten Simulation nur das abläuft, was der Autor des Simulators vorgesehen hat.

In der Schule des Autors (Schulzentrum Vegesack) stehen genügend Realsysteme zur Einführung in die Microprozessortechnik (MFA-Rechner) zur Verfügung. Im allgemeinen entstehen auch keine Folgekosten durch Fehlbedienung, die MFA-Rechner sind sogar für Ausbildungszwecke konzipiert und deshalb dafür besser geeignet als übliche Personal Computer. Bei der Entwicklung von *EduCPU* stand also nicht der hier beschriebene Kostenaspekt im Vordergrund, sondern der didaktische-methodische Aspekt.

5.4. Literaturhinweise

Bruns, F.W./ Müller, D./ Steenbock, J. (1995): Hypermediagestützte Simulationssysteme für berufliche Schulen. 3. Zwischenbericht zum Modellversuch. Senator für Bildung und Wissenschaft. Bremen.

Böck, W. (1995): Erprobung von EduCPU. In: Bruns u.a. (1995)

Heinrich Herzog, Ernst W. Jäger-Buschart

6. Lernsystem Vakuumtechnik: Echtzeitsimulator und Hypertext-Lehrbuch

Das Lern- und Simulationssystem "Vakuumtechnik" wurde konzipiert und realisiert, um zukünftige Physikalisch-Technische Assistenten/innen in die Grundlagen der Vakuumtechnik einzuführen. In dem entsprechenden Ausbildungsgang wird seit vielen Jahren im Physikpraktikum Vakuumtechnik unterrichtet. Ein Hochvakuumpumpstand erlaubt es, praktische Übungen und eine Vielzahl von Experimenten durchzuführen (vgl. Abb. 6-1). Allerdings ist dieses Großgerät nur einmal vorhanden. Damit ist die Möglichkeiten des Trainings für Schülerinnen und Schüler naturgemäß sehr beschränkt. Das entwickelte Lernsystem (vgl. Abb. 6-2) soll es jedem einzelnen Schüler ermöglichen, neben den zeitlich eingeschränkten Experimenten mit dem Pumpstand auch ein Handhabungstraining (Echtzeit-Simulator) und eine vertiefte Wissensgewinnung (Hypertext-Lehrbuch) in individueller Form durchzuführen.

Das System umfaßt vier Teile (sogenannte Bücher), die mit dem Autorensystem ToolBook (Vers 1.52) entwickelt wurden (vgl. Müller 1994). Darin enthalten ist

- ein Simulator, mit dem die Bedienung des Pumpenstandes geübt werden kann,
- eine animierte Bedienungsanleitung, die den Lerngruppen ein weitgehend selbständiges Erarbeiten der einzelnen Bedienungsschritte ermöglicht,
- ein Hypertext mit Abbildungen und sonstigen Informationen zu allen wichtigen Gebieten der Vakuumtechnik (Pumpen, Meßgeräte und Gesetzmäßigkeiten).

Man kann alle drei Teile entsprechend den jeweiligen konzeptionellen Vorgaben durcharbeiten. Es ist aber auch möglich, mit Hilfe von Menüs, Auswahlfeldern und Führungswörtern sich die Informationen nach Bedarf und in beliebiger Reihe abzurufen.

Abb. 6-1: Hochvakuumpumpstand

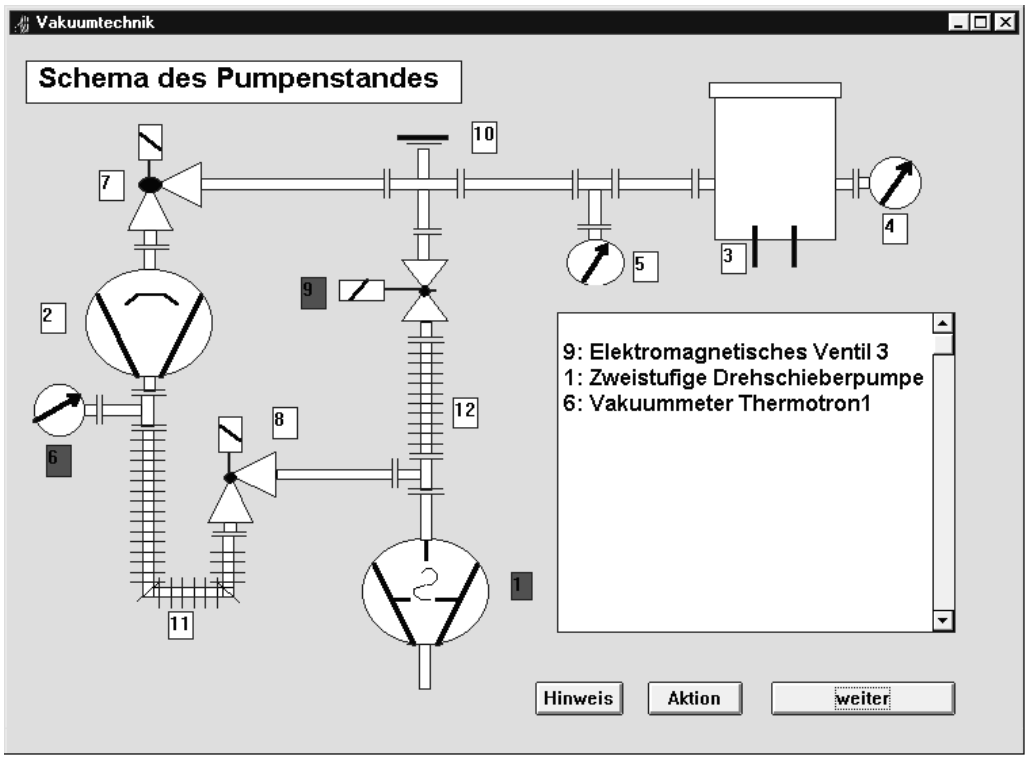


Abb. 6-2: Simulationssystem "Vakuumtechnik"

6.1. Didaktische Aspekte

Durch den Einsatz des Lern- und Simulationssystems sollte die praktische Ausbildung an einem Hochvakuumpumpenstand und die Erarbeitung von Kenntnissen in der Vakuumtechnik verbessert werden. Es war also nicht geplant, eine Simulation anstelle eines aufwendigen und teueren Versuchs bzw. technischen Gerätes zu setzen, sondern es sollte mit Hilfe des Simulationssystems eine sehr spezielle Unterrichtseinheit schülergerechter gestaltet werden. Der bisherige Unterricht war sehr stark lehrerzentriert, da eine Vielzahl von Fakten vermittelt werden mußte, die meist nur in wenig zugänglicher und spezieller Literatur zu finden waren. Auf der anderen Seite war bei den ersten Versuchen mit der Anlage ein hoher Aufwand an Betreuung und Unterstützung nötig, was dazu führte, daß die Betreuung anderer Praktikumsgruppen, die zur gleichen Zeit andere Versuche durchführten, zu kurz kam. Trotz des hohen unterrichtlichen Aufwandes traten dennoch immer wieder Fehlbedienungen beim Handhaben des Vakuumpumpstandes in nicht akzeptabler Höhe auf.

Die animierte Bedienungsanleitung sollte den Schülerinnen und Schülern die einzelnen Schritte zur Inbetriebnahme darstellen und gleichzeitig die Funktionsweise der Anlage demonstrieren. Der Simulator ist konzeptionell so gestaltet, daß nach anfänglich gemeinsamen Übungen zu jeder Zeit am Simulator die einzelnen Bedienungsschritte zum Betrieb der Anlage individuell trainiert werden können. Das Lernsystem soll Schülerinnen und Schülern ermöglichen, bei Bedarf Informationen über die Vakuumtechnik abzurufen.

6.2. Erfahrungen beim Einsatz der Software

Die unterrichtliche Zielsetzung ist ausführlich in Jäger-Buschart (1995, S. 66ff) und Jäger-Buschart/Herzog (1994, S. 61) beschrieben worden. Es war von vornherein geplant, die Software als ein *zusätzliches* Medium einzusetzen, damit die Schülerinnen und Schüler sich die wichtigsten Grundkenntnisse der Vakuumtechnik und den Umgang mit einem Hochvakuumpumpenstand selbstständig aneignen können. Unterschiedliche Methoden und Darstellungsformen sollten einen effektiven schülerzentrierten Unterricht ermöglichen.

Im 3. Zwischenbericht des Modellversuchs ist ein ausführlicher Erfahrungsbericht erschienen (Jäger-Buschart 1995, S. 110ff). Hier sollen die wesentlichen Ergebnisse zusammengefaßt werden. Das in diesem Lernzusammenhang neue Medium hat die Motivation der Schülerinnen und Schüler bei der Arbeit gefördert. Es herrschte in beiden Schülergruppen eine sehr konzentrierte Arbeitsatmosphäre. Es traten nur geringe Schwierigkeiten bei der Arbeit mit dem Lernsystem auf. In beiden Arbeitsgruppen wurde das wesentliche Ziel - den Umgang mit einem Hochvakuumpumpenstand zu erlernen - erreicht. Die Schülerinnen und Schüler konnten nach dem Durcharbeiten der animierten Bedienungsanleitung und einigen Versuchen mit dem Simulator den Pumpenstand weitgehend selbständig bedienen. Dies gilt sowohl für die Gruppe, die der Autor leitete, als auch für die Gruppe, die von einer Kollegin betreut wurde, die nur eine kurze Einführung in das Lern- und Simulationssystem erhalten hatte.

Im Vergleich zu früheren Jahren zeigte es sich, daß die Schülerinnen und Schüler sehr viel schneller einen sicheren Umgang mit dem Pumpenstand erreicht und auch die Funktionsweise des Pumpenstandes besser verstanden hatten. Dies lag auch daran, daß die Schülerinnen und Schüler ihre schriftlichen Unterlagen mit Hilfe des Lernsystems selbst vervollständigen konnten. Die Gruppen, die den Pumpenstand erst Wochen nach Durchführung der Unterrichtseinheit im praktischen Versuch einsetzen konnten, nutzten gern die Simulation, um die Bedienung noch einmal zu üben.

Die Meinung der Schüler

Die Schüler wurden nach der Unterrichtseinheit mit einem ausführlichen Fragebogen befragt. Sie fanden das Lern- und Simulationssystem im wesentlichen brauchbar und wünschten sich öfter solche Systeme, um die Funktion von technischen Geräten und ihre Bedienung kennenzulernen. Der Zwang, mit Hilfe des Systems schriftliche Arbeitsunterlagen zu ergänzen, wurde von einigen als sehr stumpfsinnig empfunden, andere fanden dies für sich aber als hilfreich. Die o. g. erste Gruppe deckt sich weitgehend mit der Schülergruppe, die im sonstigen Unterricht Schwierigkeiten hatte, längere Texte oder Anleitungen konzentriert zu bearbeiten. Vereinzelt kritisierten die Schülerinnen und Schüler die im Vergleich zu handelsüblicher Multimedia-Lernsoftware karge Aufmachung (Mangel an Videosequenzen, grafische Darstellung). Integration von Ton und Geräusch

wurde aber von allen Schülerinnen und Schülern mit der Begründung abgelehnt, daß im Klassenrahmen nur konzentrations-hemmender Lärm entstehen würde. Positiv angemerkt wurden die vielfältigen Navigationsmöglichkeiten, die zur ihrer Überraschung auch immer funktionierten. Einzelne inhaltliche und technische Ungereimtheiten wurden inzwischen aufgrund der Schülerrückmeldungen behoben.

Organisatorische Erfahrungen

Die Hauptarbeitsphase mit der Lernsoftware fand in einem der Computerräume des Schulzentrums Utbremen statt. Zum Zeitpunkt der Durchführung der Unterrichtseinheit war es recht schwierig, genügend Rechner zu finden, die die Anforderung an die Hardwareausstattung erfüllten (SVGA, Speicherplatz u.ä.). Diese Situation hat sich inzwischen aufgrund von Ergänzungsbeschaffungen etwas gebessert. Es wird aber allerdings auch in Zukunft notwendig sein, bei einem Einsatz solcher Software im Rahmen einer ganzen Klasse durch Raumtausch sich Zugang zu einem speziell ausgestatteten Informatikraum zu verschaffen. Die sonst vereinzelt in den Unterrichtsräumen vorhandenen Rechner sind nur teilweise für solche Medien eingerichtet. Es war ein Glücksfall für die Erprobung des Systems, daß es auf Grund der Stundenplangestaltung dem Autor möglich war, nicht nur im Physikpraktikum die Unterrichtseinheit durchzuführen, sondern auch die Einführung in die Vakuumtechnik im Rahmen des Unterrichts in Physikalischer Chemie schwerpunktmäßig und weit über den sonst üblichen Zeitrahmen hinaus vorzubereiten, was den Verlauf der Unterrichtseinheit positiv beeinflußte.

6.3. Erfahrungen bei der Softwareentwicklung

Die Aussicht, Lernsoftware ohne großen Programmieraufwand für Schüler zu entwickeln und die grafische Oberfläche von Windows sowie Grafiken, Bilder, Videosequenzen und Fremdprogramme zu benutzen , war am Anfang des Modellversuchs sehr verlockend. Es stellte sich dann aber doch schnell heraus, daß trotz ausführlicher Einführung und Anleitung ein ziemlich hoher Zeitaufwand für die Erstellung des Programms notwendig war. Zwar lassen sich mit Hilfe der verfügbaren Entwicklungsumgebung recht schnell ansprechende Oberflächen mit unter Windows üblichen Ob-

jekten wie Textfelder, Schaltflächen, Dialogfenster und Bildfelder erzeugen. Die Programmiersprache OpenScript ermöglicht es auch einem mit Grundkenntnissen in der Programmierung bewanderten Lehrer, diese Objekte mit entsprechenden Funktionen und damit mit "Leben" zu erfüllen, aber das Erstellen eines Programms von der inzwischen erreichten Größe war als Einstieg wohl doch "eine Nummer zu groß". Es wurde sehr schnell klar, daß man die im Handbuch der Fa. Asymetrix immer wieder betonte erste Regel zur Erstellung eines "Hypermedia-Buches" nicht ungestraft übersehen darf: Eine eindeutige Festlegung der logischen Konzeption und des äußeren Erscheinungsbildes der Anwendung am Anfang der Systementwicklung ist unerläßlich und nachträgliche Änderungen sind sehr aufwendig, z.T. auch nicht mehr möglich.

Ein großes Problem war für uns die mangelnde Standardisierung der Grafikausgaben unter Windows. Buchseiten, die auf dem Entwicklungsrechner ganz ansprechend aussahen, zeigten sich auf Rechnern mit anderen Monitoren und Grafikkarten mit unangenehmen Farben und Rastern, Videobilder und Grafiken stellten sich plötzlich in Falschfarben dar. Experimente mit wechselnden Farbpaletten und individuellen Seitengrößen wurden dann unterlassen, weil die Computer an der genannten Schule – wie auch anderswo – auf Grund laufender Ergänzungen sehr unterschiedliche Ausrüstung in Hard- und Software aufweisen.

Aus Platzgründen wurde das System auf mehrere Bücher verteilt, in und zwischen denen der Anwender sehr frei mit Hyperlinks und Menüs navigieren kann. Die Implementierung dieser Links erfordert sehr viel Aufmerksamkeit. Nachträgliche Änderungen wie Umbenennen oder Löschen von Seiten erzeugten viele Sprünge ins Leere mit entsprechenden Fehlermeldungen, die dann mit einigem Aufwand beseitigt werden mußten. Es wurden auch keine Fremdprogramme eingebunden, weil der programmiertechnische Aufwand, der erforderlich ist, um die Existenz und den Ort und die Einstellungen der Fremdprogramme nachzuprüfen, zu hoch war.

Insgesamt gesehen hat sich die Entscheidung, ein so umfangreiches Projekt zu entwickeln, als problematisch herausgestellt. Die zeitliche Belastung durch Entwickeln, Testen, Ändern und Neuentwurf war so hoch (ca. 500 Stunden), daß das Vorhaben ohne die speziellen Ressourcen eines Modellversuchs (Entlastungsstunden, Schulungen) nicht durchführbar gewesen

wäre. Wenn in Zukunft ähnliche Software wieder entwickeln werden sollte, wird sie sicher vom Umfang her aus Zeitgründen sehr viel bescheidener ausfallen.

6.4. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Es hat sich gezeigt, daß im Rahmen eines Modellversuchs nach gründlicher Einführung ein relativ umfangreiches hypermediagestütztes Lern- und Simulationssystem entwickelt werden kann, das den Unterricht wesentlich bereichert und auch von anderen Lehrkräften eingesetzt werden kann.

Die Entwicklung eines solchen Systems mit Hilfe des verwendeten Autorensystems ist allerdings doch aufwendiger und mühsamer als Werbung und Zeitschriftenartikel suggerieren. Das Erstellen von Grafiken, Abbildungen, Animationen und Videofilmen, die in das Programm eingebunden werden sollen, erfordern einen hohen Aufwand an Ausstattung und vor allem Zeit. Dies gilt insbesondere dann, wenn man gewisse Anforderungen an Funktionalität und Darstellungsqualität stellt.

Eine solide Vorplanung in Bezug auf Inhalt, Form und Stellenwert im unterrichtlichen Einsatz ist unerläßlich. Es hat sich gezeigt, daß unser Projekt vom Umfang für den Anfang etwas zu groß war. Der Einsatz im Unterricht zeigte dann aber doch, daß das Vorhaben im Großen und Ganzen erfolgreich war, auch deshalb, weil das entwickelte Unterrichtsmaterial auf eine sehr spezielle Unterrichtssituation zugeschnitten und von Lehrern verfaßt worden war, die langjährige Erfahrung mit dem Unterrichtsgegenstand hatten.

Kann man aufgrund der Erfahrungen im Projekt es wagen, Beurteilungen über die Funktion und die Zukunft des Mediums hypermediagestützte Simulations- und Lernsysteme oder gar Multimedia-Lernsoftware zu geben? Der Einsatz solcher Medien wird auch sicher in mittlerer Zukunft nicht, wie je nach Blickrichtung befürchtet oder gehofft wird, den Alltag in Schulen bestimmen. Dazu müßten die entsprechenden Rechner ständig und in ausreichender Qualität und Anzahl in den Unterrichtsräumen verfügbar sein. Ansonsten wird das Medium wie Film und/oder Video eingesetzt werden müssen.

Gegenüber diesen hat es aber sicher einige Vorteile: Verschiedene Präsentationsmöglichkeiten (Texte, Standbilder, Grafiken und bewegte Bilder), beliebige, individuell vom Schüler steuerbare Wiederholbarkeit und Reihenfolge der Informationen machen das Medium sicher unterrichtlich interessanter und effektiver. Wenn dann auch noch attraktiv dargestellte Simulation die Möglichkeiten zu aktivem Handeln geben, so ist dies sicher ein richtiger Schritt weg vom lehrerzentrierten zum mehr schülerbezogenen Unterricht.

Die Realisierung dieses Projektes zeigte jedoch auch, daß die Entwicklung solcher Medien sicher nicht von einzelnen Lehrerinnen oder Lehrern zu leisten sein wird, sondern sie wird, wie die Entwicklung anderer Medien, von professionellen Autoren durchgeführt werden müssen. Wenn Verlage solche Medien entwickeln, werden sie sich aber aufgrund der hohen Entwicklungskosten auf marktgängige Lerngebiete konzentrieren müssen. Ein anderes Einsatzgebiet wird sicher der Bereich von Schulungsmaterial für Maschinen, Anlagen und Fahrzeugen sein, wo produktspezifische Informationen von den Herstellerfirmen finanziert werden.

Eigenproduktionen von einzelnen Lehrerinnen und Lehrern oder Lehrergruppen sind nach den Erfahrungen im Projekt sicher nur für sehr eng umgrenzte Inhalte zu leisten. Als Themen eignen sich dazu solche Vorgänge, die nicht direkt oder im Experiment sichtbar sind, deren direkte Beobachtung zu zeitaufwendig oder zu gefährlich wäre. Die technischen Voraussetzungen für die Produktion solcher Simulationen und die Darstellungsmöglichkeiten sind mit den im vorliegenden Modellversuch erprobten Mitteln durchaus gegeben.

6.5. Literaturhinweise

Herzog, H. / Jäger-Buschart, E. W.: Lernsystem „Vakuumtechnik“: Echtzeitsimulator- und Hypertext-Lehrbuch. In 2. Zwischenbericht zu diesem Modellversuch. Bremen 1994, S. 61.

Jäger-Buschart, E. W.: Einführung in die Handhabung eines Vakuumpumpenstandes - Bericht über die unterrichtliche Erprobung eines Lern- und Simulationssystems. In 3. Zwischenbericht zu diesem Modellversuch. Bremen 1995, S. 110ff.

Jäger-Buschart, E. W.: Erfahrungen bei der Softwareentwicklung eines Lern und Simulationssystems zur Vakuumtechnik. In: 3. Zwischenbericht zu diesem Modellversuch. Bremen 1995, S. 66ff

Müller, D.: Autorensoftware zur Entwicklung von Hypermedia-Anwendungen am Beispiel von ToolBook. In: 2.Zwischenbericht zu diesem Modellversuch. Bremen 1994. S. 11ff.

Rüdiger Wolter

7. Unterrichtliche Erprobung von Simulationspaketen zur Robotik

7.1. Didaktische Aspekte zum Einsatz von Robotersimulationen

Die gegenwärtige Tendenz der Verwendung vom Robotern in der Fertigung geht offensichtlich in Richtung der Integration von Robotern in den Gruppenarbeitsprozeß. Das bedeutet, daß Roboter in flexible Montagesysteme oder Fertigungsinseln eingebaut werden und dort direkt von den Mitarbeitern konfiguriert und programmiert werden müssen. Entsprechend sollten zukünftige Fachkräfte auch für die Programmierung von Robotern qualifiziert werden. Seit einiger Zeit gibt es für diesen Bereich kommerziell verfügbare Robotersimulationssysteme, die auch gut für die Ausbildung geeignet sind.

Vor diesem Hintergrund habe ich im Automatisierungslabor 'AutoLab' des Schulzentrums Vegesack in Bremen zwei Simulationssysteme in Verbindung mit hypermediabasierter Lernsoftware unterrichtlich erprobt. Zum Einsatz kamen:

- Grundsoftware "Robotik und Movemaster Robotik-Profi-Software", die dankenswerterweise für die Zeit des Projektes von der Fa. Keller Didaktik + Technik, Wuppertal leihweise zur Verfügung gestellt wurde,
- Robotersimulationsprogramm COSIMIR der Fa. Festo, die von der Fa. Festo dankenswerterweise für die Zeit des Projektes ebenfalls leihweise zur Verfügung gestellt wurde,
- die Hypermedia-Lernsoftware ROBBI, erstellt von Studenten der Universität Bremen,
- ein Knickarmroboter vom Typ "Mitsubishi Industrie-Roboter RV-M1".

Abb. 7-1: Roboter im AutoLab

7.2. Beschreibung der eingesetzten Software

Aufgrund ihrer Bedeutung in beiden Unterrichtseinheiten gebe ich nachstehend eine Kurzbeschreibung des Programmpaketes COSIMIR und der Lernsoftware ROBBI.

Das Programm COSIMIR

COSIMIR (Cell Oriented Simulation of Industrial Robots) ist ein Simulationssystem für Roboter-Arbeitszellen. Mit COSIMIR kann ein Roboter zusammen mit seiner Arbeitsumgebung programmiert und simuliert werden. Roboter und die übrigen Automatisierungskomponenten der Zelle interagieren in der Simulation wie in der Realität; auch Sensorinformationen können simuliert werden. Nach der Modellierung der Arbeitszelle mit der Modellierungskomponente COSIMOD erfolgt die Darstellung in beliebig angeordneten Fenstern. Die Programmierung der Roboter ist in verschiedenen Sprachen wie z.B. IRL, BAPS, VAL-II und MRL möglich. Neue Roboteraufgaben können mit dem Simulator zunächst offline simuliert und nach Fehlerkorrektur online auf den entsprechenden Roboter übertragen werden.

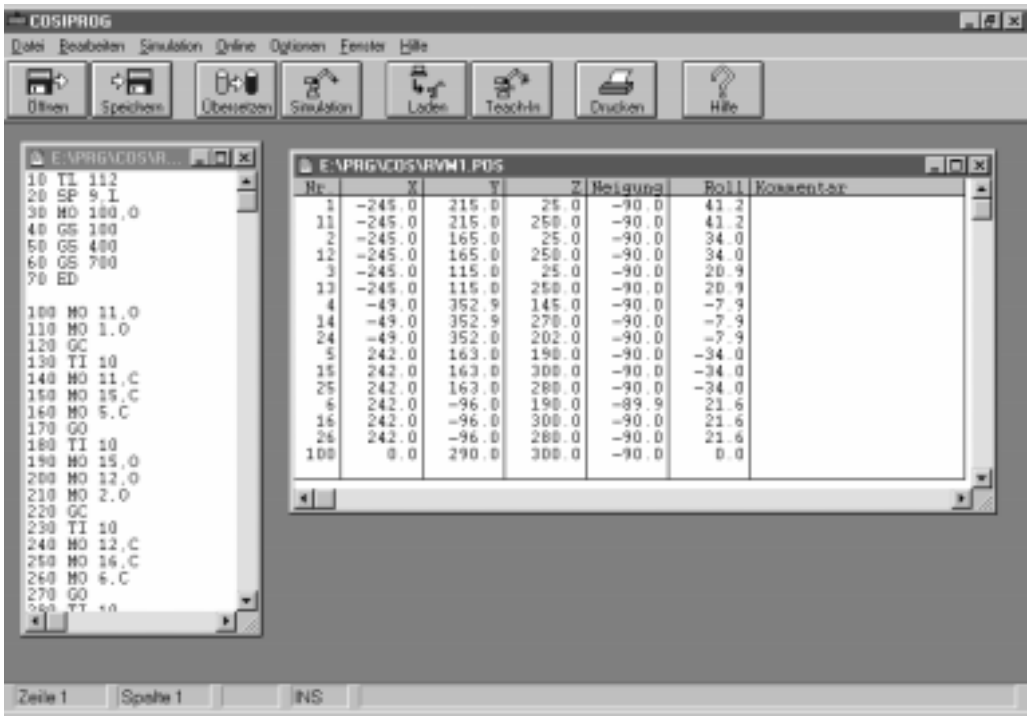


Abb. 7-2: Programmieren mit COSIPROG

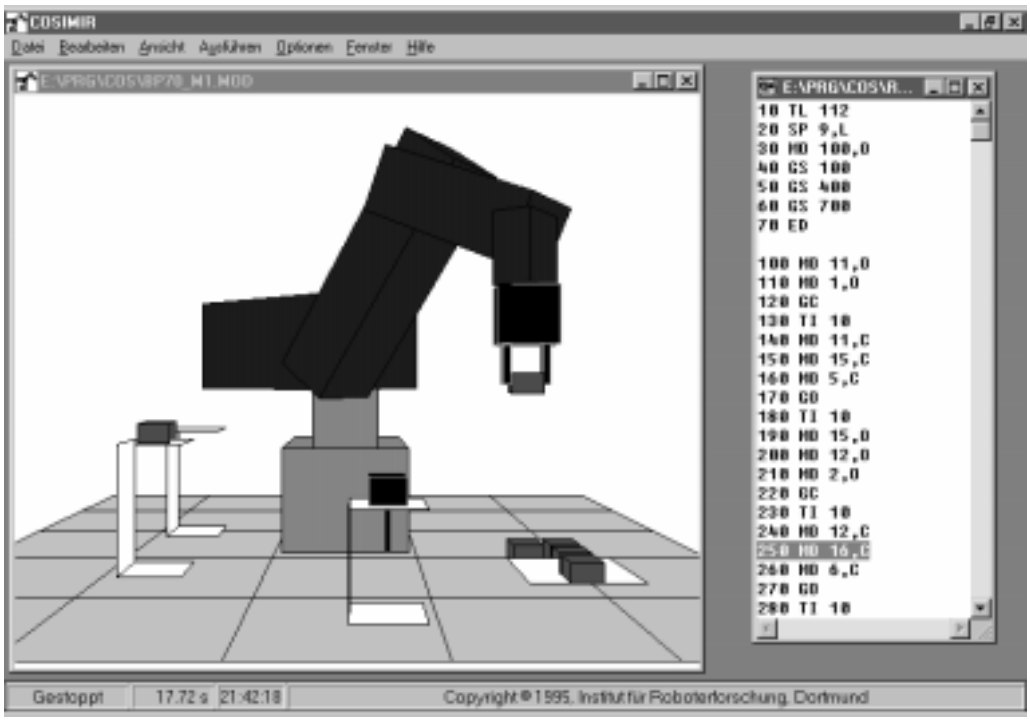


Abb. 7-3: Simulation mit COSIMIR

COSIMIR hat leistungsfähige Schnittstellen. So ist z.B. eine Anwendung von COSIMIR als kundenspezifisches Visualisierungssystem über die integrierte DDE-Schnittstelle (Dynamic Data Exchange) möglich. Auch eine Profibus-Ankopplung für COSIMIR ist realisiert. COSIMIR ist auf PCs unter MS-Windows und Windows-NT lauffähig. Auch eine Version für Silicon Graphics Workstations ist verfügbar. Das System COSIMIR spielt in dem hier beschriebenen Unterrichtsprojekt die Hauptrolle, da mit diesem Simulator die praktischen Roboterprogramme erstellt, simuliert und anschließend auf das Realsystem übertragen werden sollten.

Die Lernsoftware ROBBI

Das Lernprogramm ROBBI ist mit dem Autorensystem ToolBook von Studenten der Bremer Universität erstellt worden und läuft ebenfalls unter MS Windows. Das Lernprogramm behandelt die Grundlagen der Robotertechnik. Gewisse Vorkenntnisse auf den Gebieten Mechanik, Elektrotechnik und Programmierung sind wünschenswert.

Abb. 7-4: Menübildschirm des Lernprogramms ROBBI

Das Programm richtet sich in erster Linie an Auszubildende in elektro- und metalltechnischen Berufen sowie an Schülerinnen und Schüler der Fachoberschule in diesen Berufsfeldern. In diesen Bildungsgängen wird die Robotertechnik im Unterrichtsfach Technische Informatik unterrichtet. Das Programm ist zum *unterrichtsbegleitenden* Einsatz konzipiert worden, kann aber auch unabhängig, z.B. als reines Informationssystem, genutzt werden. Die geschätzte Gesamtdialogzeit mit dem Programm beträgt ca. zwei bis drei Unterrichtsstunden.

Das Lernprogramm ist inhaltlich in vier Stufen gegliedert, die thematisch aufeinander aufbauen. Am Ende jeder Stufe gibt es einige Testfragen zum jeweiligen Abschnitt. Der Benutzer kann sich entweder systematisch in das Thema Robotertechnik, durch das Durcharbeiten von Stufe zu Stufe, einarbeiten oder auch das Programm als Hypertext betrachten und sich so auch eher unsystematisch dem Thema nähern. Die Lernstrategie bleibt dadurch weitgehend dem Lernenden überlassen, sie wird ihm nicht durch das Lernprogramm vorgegeben.

Abb. 7-5: Beispiel für das Lernprogramm ROBBI

In der ersten Stufe "Einleitung" geht es zunächst um die Einordnung der Robotertechnik im Gesamtzusammenhang. Es geht um die technische Entwicklung (historischer Überblick), um die Gründe für den Einsatz von Robotern, die Veränderung von Anforderungen an den Industriearbeiter durch Robotereinsatz, gesellschaftliche Veränderungsprozesse und um die Definition was Industrieroboter eigentlich sind und was sie können. In der zweiten und dritten Stufe "Grundbegriffe eines Roboters" bzw. "Übersicht Robotertypen" werden die gängigsten Robotertypen vorgestellt. Es geht um den Aufbau, die bevorzugten Einsatzgebiete, Möglichkeiten und Grenzen der einzelnen Typen usw. Außerdem werden einige Grundbegriffe wie Arbeitsraum, Roboterarm, Freiheitsgrade, Koordinatensysteme erörtert. In der vierten Stufe "Handhabung und Programmierung" wird zunächst die Handhabung eines ganz bestimmten Robotertypes behandelt, nämlich des Mitsubishi-Knickarmroboter (RV-M1), der für beide Unterrichtseinheiten zur Verfügung stand. Die Inbetriebnahme, die Ausbaumöglichkeiten und die möglichen Aufgabenstellungen stehen hierbei im Vordergrund. Im zweiten Teil geht es um das Erlernen der Roboterprogrammiersprache MRL (Mitsubishi Robot Language). Im Sachwortverzeichnis sind alle im Programm vorkommenden Fachbegriffe (als Hyper-Links) in alphabetischer Reihenfolge nochmals aufgeführt. Der Lernende kann dieses Verzeichnis als kleines Glossar der Robotertechnik betrachten. Über dieses Glossar können bestimmte Seiten schnell gesucht werden, um so schnell an bestimmte Informationen zu gelangen.

7.3. Beschreibung der Unterrichtseinheiten

Die Simulationssysteme und die hypermediabasierter Lernsoftware wurde mit zwei Klassen der Fachoberschule mit der Fachrichtung Elektrotechnik im Fach Technische Informatik unterrichtlich erprobt. Die Schüler (Schülerinnen befanden sich nicht in den Klassen) hatten bisher kaum Erfahrungen mit handlungsorientiertem Unterricht sammeln können. Der Unterricht wurde im 'Autolab' durchgeführt, einem sehr großräumigen Labor, in dem ein flexibles Montagesystem (FMS) mit industrietypischen Komponenten installiert ist. Für die Arbeit an den Simulatoren stehen sieben PC-Arbeitsplätze (IBM-kompatibel) zur Verfügung. Die Simulationen können an einem Knickarmroboter erprobt werden. Für den eher theoreti-

schen Unterricht im Labor stehen außerdem hinreichend Schreibplätze zur Verfügung

Unterrichtseinheiten zur Robotik wurden 1994 und 1995 als handlungsorientierte Projekte durchgeführt, in deren Mittelpunkt jeweils eine Lernaufgabe stand[1]. Da insbesondere in der zweiten Unterrichtseinheit ein Verbund aus dem Programmpaket COSIMIR, der selbsterstellten Lernsoftware ROBBI und dem Realsystem eingesetzt wurde, beziehe ich mich im folgenden auf dieses Unterrichtsvorhaben, für das die folgende Lernaufgabe formuliert wurde: "Ein Betrieb zur Herstellung und Vertreibung von Compact-Discs möchte ein neues Verfahren zum Etikettieren der CD's einführen".

Gliederung der Unterrichtseinheit

Nach einer Einführungsphase wurden Arbeitsgruppen gebildet, die ihre Vorgehensweise selbständig planten und abstimmten. In der folgenden Übersicht sind den einzelnen Unterrichtssequenzen die jeweils verwendeten Medien zugeordnet.

Unterrichtssequenz	**COSIMIR** Simulator	**ROBBI** Hypermedien	**Roboter** Ausbildungs-roboter
Grundlagen der Robotertechnik Historische Entwicklung		X	
Robotertechnologie im Kontext der Gestaltung von Arbeit und Technik		X	
Robotertypen und deren Einsatzbereiche		X	
Roboterarbeitsraum, -achsen und -arm	X	X	X
Simulator-Handling und Beispielsteuerungen am Roboter	X		X
Programmieren von Robotersteuerungen	X		X
Präsentation der Ergebnisse			X

[1] Die Probleme in Lernaufgaben sollen die Lernenden mit Sachverhalten, Fragen und Schwierigkeiten konfrontieren, die selbständig bearbeitet werden können. Dabei soll die Entwicklung berufsbezogener umfassender Handlungsfähigkeit gefördert werden. (Gronwald/Schmidt 1995).

Angestrebte Fachqualifikationen

Die Schüler sollen:

- die Einsatzgebiete, sowie Möglichkeiten und Grenzen eines Roboters nennen,
- den Aufbau eines Roboters erklären,
- die Funktionalität und Bedeutung von Koordinatensystemen, Arbeitsräumen, Freiheitsgraden beschreiben,
- die Translations-, Rotations-, Haupt- u. Nebenachsen eines Roboters beschreiben und erläutern,
- Fertigkeiten im Umgang mit Informationsverarbeitungssystemen erwerben,
- einen Simulator erklären, beschreiben und anwenden,
- potentielle Gefahrenquellen beim Umgang mit Robotern nennen,
- Maßnahmen zur Unfallvermeidung erklären.

Angestrebte Schlüsselqualifikationen

Die Schüler sollen ...

- selbständiges Vorbereiten und Planen von Arbeitsvorhaben lernen,
- Arbeitstechniken situationsgerecht wählen und dabei adäquate Lösungsverfahren anwenden,
- Kooperationsformen kennenlernen und sinnvoll wählen,
- Kenntnisse über den sinnvollen Umgang mit Informationen und erforderlichem Arbeitsmaterial erlangen sowie notwendige und ggf. erforderliche Informationen sammeln, bewerten und zur sach- und situationsgerechten Anwendung aufbereiten.
- Arbeitsergebnisse zusammenfassen und zweckmäßig darstellen.

7.4. Erfahrungen mit der Hypernedia-Lernsoftware ROBBI

Da es sich bei dieser Lernsoftware um eine Eigenentwicklung handelte, galt das besondere Interesse den *Schülerreaktionen* zu diesem Medium. Nach den ersten Unterrichtssequenzen, in der die Schüler hauptsächlich

mit dem Lernprogramm ROBBI gearbeitet hatten, wurden sie deshalb gebeten, sich zu diesem Lernprogramm zu äußern. Im nachstehenden habe ich die Antworten und Einschätzungen zusammengefaßt:

Die Mehrheit der befragten Schüler äußerte die Meinung, daß Idee und Aufbau des Lernprogramms gut sind: Grundbegriffe der Robotertechnik seien ausreichend erklärt, das Programm sei recht übersichtlich und deshalb auch zur Einführung in die Robotik geeignet. Einige Teile des Programms seien nicht ganz ausgereift; so müßten mehr Grafiken enthalten sein und die Grafiken müßten in ihrer Qualität verbessert werden.

Die meisten Befragten fanden auch die Bedienung des Lernprogramms gut: Das Programm sei sehr einfach und simpel zu bedienen und funktionell gestaltet. Leider sei es nur für einen Robotertyp (Mitsubishi-Roboter) konzipiert, es müßte für andere Roboter erweitert werden. Zum Erlernen der Programmierung des Simulationspaketes COSIMIR sei es jedoch nicht geeignet. Die Schüler betonten, daß das verwendete Unterrichtsbegleitmaterial eine gute Ergänzung darstelle, auch für das Nacharbeiten zu Hause.

Bezogen auf Hinweise und Wünsche fanden einige Schüler die Online-Hilfe und die Kommentare zu den Bedienfeldern sehr hilfreich. Bei den Fragen im Programmverlauf gibt es einige Probleme: Fremdwörter und Fachbegriffe sollten besser erklärt werden. Von manchen Befragten wird ein umfangreicherer Fragenkatalog gewünscht sowie ein Komplettest am Ende der 4. Stufe. Wünschenswert wäre auch ein kleines Beispielprogramm mit Erklärungen (Ursache-Wirkung), um einen ersten Eindruck zu gewinnen. Es fehle ein kleines Simulationsprogramm, mit dem man Roboterbewegungen und Koordinaten darstellen und auch verändern kann.

7.5. Zusammenfassung und Ausblick

Nach den in den Unterrichtsvorhaben gesammelten Erfahrungen sind beide Simulationspakete gut für den Einsatz im Unterricht geeignet. Die Keller-Robotik-Pakete ermöglichen eine stufenweise Einführung in die Thematik; leider können jedoch beide Pakete nur mit zwei verschiedenen Softwareschutzeinrichtungen (sog. Dongles) benutzt werden, so daß ein flexibler Einsatz an verschiedenen Rechnern nicht möglich ist. Das Simulationspaket COSIMIR ist ein Programm zur Simulation von Robotern und

zum Online-Betrieb des Knickarm-Roboters Mitsubishi RVM1, es enthält keine Einführung in die Robotik. Aufgrund der bisherigen Unterrichtserfahrungen kann man sagen, daß das Lernprogramm ROBBI in Verbindung mit den eingesetzten Simulatoren eine gute Einführung in die Robotik ermöglicht.

In beiden Unterrichtseinheiten hatte selbständiges und autonomes Lernen eine zentrale Bedeutung. Die Offenheit der Lernsituation ermöglichte in beiden Unterrichtseinheiten einen interessanten und abwechslungsreichen Verlauf. Im Mittelpunkt stand die Aneignung von funktionalen und extrafunktionalen Qualifikationen, die in solchen offenen Lernformen wesentlich durch die Simulations- und hypermediabasierten Lernprogrammen unterstützt wurden. Im Lern- und Erkenntnisprozeß mit den untersuchten Simulatoren stand die Verbesserung der Anschaulichkeit komplexer Zusammenhänge durch den Einsatz von Hypermedien im Vordergrund. Die neuen Medien wirkten durchgehend motivierend auf die Schüler. Im Rahmen des handlungsorientierten Unterrichts zeigte sich eine deutliche Verbesserung der *Schüleraktivitäten* und der *Schülerselbsttätigkeit*. Die für die Schüler neuen Lernformen ermöglichten spielerisches Experimentieren und risikoloses Probehandeln.

Die erstellten Programme konnten mit den Simulatoren getestet und nach einer Optimierungsphase im Online-Modus am Realsystem erprobt und überprüft werden. Durch diese Möglichkeit ergab sich eine direkte Verzahnung zwischen Simulation und Realität und damit ein ausgezeichneter Lernerfolg auf der praktischen und der theoretischen Ebene mit direkter Kontrolle des Gelernten. Die Einflußmöglichkeiten auf die Gestaltung Technik und Arbeitsprozesse ließen sich wesentlich besser verdeutlichen.

Die Arbeit mit Simulationsprogrammen erfordert Kombinationsmöglichkeiten von Rechnern mit anderen Lernmedien und Arbeitsmitteln. Es müssen jedoch die notwendige Hard- und Software in den entsprechend ausgestatteten Fachräumen verfügbar sein und immer auf dem neuesten Stand gehalten werden. Das gilt für Geräte und Software gleichermaßen und erfordert neben finanziellen Mitteln auch eine Grundausstattung an Personal.

Bei näherer Betrachtung stellt sich schnell heraus, daß der Einsatz von Simulationssystemen Realsysteme einspart. Die Kosten für 6-8 vollständig eingerichtete Roboterplätze sind wesentlich höher als die Einrichtung einer

entsprechenden Zahl von Computerarbeitsplätzen. Durch die Reduzierung der Risiken bei Fehlbedienung an den Realsystemen durch risikoloses Probehandeln am Simulator werden die Kosten wesentlich geringer als ohne Simulatoren. Aufgrund meiner Unterrichtserfahrungen und der Rückmeldungen der Schüler muß ich die didaktische Wirksamkeit und Reichweite von gezielt entwickelter hypermediagestützter Lernsoftware als sehr gut bezeichnen. Nicht nur die kognitiven Lernprozesse wurden gefördert, besonders die Motivation und die Unterstützung bei der planvollen und gezielten Lösung von Lernaufgaben hat sich positiv herausgestellt. Die Unterstützung durch begleitendes Informationsmaterial und Arbeitsbögen ist nach meiner Einschätzung allerdings unerläßlich.

Meine Erfahrungen bei der Hard- und Softwarenutzung im Unterricht waren durchweg erfreulich. Die Schüler sind unbefangen und selbständig mit ROBBI umgegangen; es hat ihnen weitgehend *Spaß* gemacht, mit den Medien zu arbeiten. Dies lag nicht nur am Neuigkeitseffekt, sondern auch an der Abstimmung zwischen Hypermedia-Programm und schriftlichen Arbeitsmitteln. Gruppenarbeitsprozesse wurden unterstützt und gefördert, die Arbeit in kleinen Gruppen erhöhte die Aufmerksamkeit, die Effizienz und den Lernerfolg. Individuelle Lernfortschritte waren möglich, jeder Schüler konnte sein Lerntempo selbst bestimmen. Häufig wird diskutiert, ob schwache Schüler durch den unterrichtlichen Einsatz von Lern- und Simulationsprogrammen einerseits - durch Vereinzelung und/oder Überforderung - noch mehr im Leistungsvermögen abfallen oder ob sie andererseits besser unterstützt werden. Auf jeden Fall konnte ich feststellen, daß alle Schüler in die Lage versetzt wurden, sich wesentliche Unterrichtsinhalte selbständig zu erarbeiten.

Die Veränderungen in der Unterrichtsgestaltung verändern aber auch die Anforderungen in der Lehrerfort- und Weiterbildung. Die Unterstützung der Lehrer durch Lehrerfortbildung ist dringend notwendig, um die Zukunftsperspektiven und die Einbeziehung neuer Entwicklungen zu fördern.

Aufgrund der Erfahrungen im Unterricht läßt sich die pädagogische Effizienz von hypermediabasierten Simulationssystemen im Vergleich zu gedruckten Lehr- und Lernmedien wie Büchern und Arbeitsblättern sehr positiv einschätzen. 'Klassische' Medien können nicht in jedem Fall das gleiche leisten.

Die kommerziell verfügbare Software läßt sich nicht ohne weiteres in Hypermedia-Systeme integrieren. Es müßten zusätzliche Module entwickelt werden, die als Bausteine für ein Hypermedia-System 'Robotik' oder 'Montagesystem' dienen könnten. Denkbar wäre vielleicht ein Aufruf innerhalb einer einheitlichen Oberfläche. Dazu wären noch einige Veränderungen notwendig, die ich hier im einzelnen nicht ausführen kann. Der Grad der Offenheit der vorhandenen Simulationssysteme müßte wesentlich erhöht werden, um an die Anforderungen von integrierter Hypermedia angepaßt werden zu können. Die Übertragbarkeit auf reale Systeme müßte verbessert werden. Eine Anbindung an reale Systeme ist bei COSIMIR von Festo-Didactic und bei der Movemaster Robotik-Profi-Software von Keller im Online-Betrieb möglich. Die zukünftige Offenheit der Systeme deutet auf umfangreiche Weiterentwicklungsmöglichkeiten von Hypermedia-Software-Nutzung in schulischen Intranets sowie überregional im Internet.

7.6. Literaturhinweise

Gloor, P.A. (1990): Hypermedia-Anwendungsentwicklung. Stuttgart

Gronwald, D./ Schmidt, B. (1995): Methodische Vorbereitung von Unterrichtseinheiten im gewerblich-technischen Bereich, Reader des ITB an der Universität Bremen

Güsmann, Bernd (1992): Einführung in die Roboterprogrammierung. Braunschweig

Kaffenberger, H. (1991): Berufsfeldübergreifendes Lernen in der Berufsschule - Ein Beispiel aus der Robotertechnik. In: lernen & lehren, Bremen, 6. Jahrgang 1991, Heft 22

Naval, Michael (1989): Roboter-Praxis. Würzburg 1989

Roy, B. (1995): Simulation als handlungsorientiertes Medium in der beruflichen Bildung. Dissertation. Universität Bremen

Wloka, D.: (Hrsg.) (1991): Robotersimulation, Springer Verlag Berlin Heidelberg New York

VII. Ergebnisse, Empfehlungen und Perspektiven

Dieter Müller

1. Zusammenfassung der Ergebnisse

In diesem Kapitel sollen die Erfahrungen und wissenschaftlichen Ergebnisse des Modellversuches HYSIM zusammenfassend dargestellt werden. Berücksichtigung finden sollen die im Rahmen der Begleitforschung durchgeführten Studien zur Realisierung hypermediabasierter Simulatoren (vgl. Kap. IV) als auch die in den verschiedenen Modellversuchsschulen durchgeführten Prasixstudien (vgl. Kap. VI). Darüber hinaus werden die theoretische Konzepte zu den Bereichen Modellbildung und Simulation und Hypermedia – soweit sie im Projekt aufgearbeitet bzw. weiterentwikkelt werden konnten – reflektiert werden. Die Ergebnisdarstellung soll vor dem Hintergrund der Projektziele (vgl. Kap. I) schwerpunktmäßig unter folgenden Aspekten vorgenommen werden:

- Wirksamkeit und Reichweite hypermediagestützter Simulation unter Berücksichtigung lernpsychologischer und didaktisch-methodischer Aspekte.
- Problematiken der Hard- und Softwarenutzung im Unterricht unter Berücksichtigung softwaretechnischer und -ergonomischer Aspekte.
- Möglichkeiten und Grenzen einer benutzerorientierten Anwendungsentwicklung mit Hilfe von Hypermedia-Entwicklungssystemen durch betroffene Lehrkräfte.
- Einschätzungen zur pädagogischen Effizienz hypermediabasierter Simulatoren im Vergleich zu anderen Lehr- und Lernmedien.

1.1. Empirische Basis

Im Verlaufe des Modellversuches HYSIM wurden umfangreiche unterrichtsbezogene Praxisstudien in verschiedenen Bremer Berufsschulen durchgeführt. Im einzelnen wurden vier berufliche Schulen mit sehr unterschiedlichen Bildungsgängen in die Untersuchung einbezogen. Neben den im Modellversuch tätigen Lehrkräften gelang es in einzelnen Fällen auch, externe Kolleginnen und Kollegen in die Evaluation einzubeziehen. Insge-

samt wurden 8 hypermediabasierte Lernprogramme einer genaueren Untersuchung unterzogen. Erprobt und evaluiert wurden diese Systeme in fünf unterschiedlichen beruflichen Bildungsgängen mit sehr unterschiedlichen Lerngruppen und mit divergierenden Rahmenbedingungen.

	Lernsoftware / Unterrichtseinheit	**Bildungsgang / Lerngruppen**	**Software-typ**	**Funktion der Software im Lehr- u. Lernprozeß**
1	Serielle Schnittstelle (E)	Kommunikations-elektroniker/-in (BS) / 2	Simulator Hypertext	Einführung in die digitale Datenübertragung
2	SPS-gesteuerte Pneumatik (E)	Industrieme-chaniker/-in (BS) / 2	Simulator Hypertext	Unterstützung beim Aufbau von Steuerungen
3	Selbsthalte-schaltungen (E)	Industrieme-chaniker/-in (BS) / 3	Simulator Hypertext	Einführung in die Steuerungstechnik
4	Mikroprozessor (E)	Techn. Assistent/ -in für Informatik (BFS) / 1	Program-miersystem Hypertext	Einführung in die maschinennahe Programmierung
5	Vakuumtechnik (E)	Phys.-techn. Assistent/-in (BFS) / 1	Simulator Hypertext	Kennenlernen einer Experimentalein-richtung
6	Roboter-simulation (K+E)	FOS Elektro-technik (FOS) / 1	Hypertext	Einführung in die Roboterprogram-mierung
7	Funktions-generator (UE)	Techn. Assistent/ -in für Informatik (BFS) / 1	Simulator	Entwicklung von Hypermedia-anwendungen
8	Autofachmann PLUS	Kommunikations-elektroniker/-in (BS) / 1	Hypertext	Einführung in die Grundlagen der Elektro-technik

Tabelle 1-1: Erprobte und dokumentierte Lernsoftware/ Unterrichtseinheiten (BFS: Berufsfachschule, BS: Berufsschule - duale Ausbildung, E: Eigenentwicklung, FOS: Fachoberschule, K: Kommerzielle Software, UE: Unterrichtseinheit)

In der Regel erfolgte der Einsatz von Lernsoftware in Kombination mit anderen Lernmedien, wie z.B. schriftlichem Begleitmaterial oder Experimentaleinrichtungen. Erprobt wurden verschiedene Formen des Handlungslernens mit hoher Schülerselbsttätigkeit. Der Erprobungszeitraum erstreckte sich über ca. drei Schulhalbjahre. Wie aus der Übersicht (vgl. Tab. 1-1) zu entnehmen ist, ist die empirische Basis des Modellversuches HYSIM ziemlich breit. Nach unserem Wissensstand sind im deutschsprachigen Raum keine Studien bekannt, die vergleichbar wären[1]. Insbesondere existieren kaum Studien, in denen der Versuch gemacht wurde, Lehrkräfte in die Entwicklung und Evaluation von Lernsoftware im Sinne des im ersten Kapitels geschilderten wissenschaftlichen Vorgehens mit einzubeziehen.

1.2. Zur Lernförderlichkeit von hypermediabasierten Simulatoren

In den durchgeführten Praxisstudien wurde intensiv der Frage nachgegangen, inwieweit durch den experimentellen Umgang mit hypermediagestützten Simulationswerkzeugen im Unterricht kognitive Lernprozesse begünstigt werden (Aufbau, Unterstützung orientierung- und handlungsleitender kognitiver Strukturen).

In den verschiedenen durchgeführten Unterrichtsprojekten bestätigte sich tendenziell unsere Vermutung, daß rechnergestützte Simulatoren zum besseren Verständnis und zur besseren Beherrschung realer Systeme und Prozesse einen Beitrag leisten können. Die Verbesserung der Anschaulichkeit komplexer Zusammenhänge mit Hilfe hypermedialer Simulationssysteme läßt sich kurz gesagt auf folgende Faktoren zurückführen:

- Reduzierung von Merkmals- und Bedienungskomplexität sowie Akzentuierung wichtiger Lerninhalte durch den Einsatz von didaktisch transformierten Modellen
- Verständigungsfördernde Wirkung von grafischen Visualisierungen, Animationen und Simulationen

---

[1] Vgl. hierzu z.B. die Reihe "Multimediales Lernen in der Berufsbildung" des Bundesinstituts für Berufsbildung, Berlin (BIBB), Hrsg. Blume, D. u.a.

- Visualisierung von verborgenen Funktionsprinzipien, Wirkungszusammhängen und Prozessen
- Verlangsamung dynamischer Prozesse durch Simulationen sowie
- Risikolose Experimentiermöglichkeiten durch die Nutzung virtueller rechnerbasierter Modelle.

Die Transferproblematik, also die Frage, wie das im Zusammenhang mit der Simulation gewonnene Wissen auf reale Handlungssituationen übertragen werden kann, konnte nicht vollständig empirisch geklärt werden. Positive Effekte zeigten sich in den Fällen, in denen Lernende das mit Hilfe eines Simulators gewonnene Wissen im Umgang mit einem Realsystem anwenden mußten.

Schon nach den ersten Erfahrungen mit hypermediabasierten Simulatoren im Unterricht zeigte sich, daß hauptsächlich zwei Faktoren die pädagogische Wirksamkeit und damit die Lernförderlichkeit von hypermediagestützten Lernprogrammen mit beeinflussen:

- Erstens ist der Umgang mit solchen Systemen für viele Lernende neu und interessant. Das Medium selbst wirkt motivierend, offenbar eine Bestätigung des sog. Hawthorne-Effekts (vgl. hierzu Kap. II).
- Zweitens ist die Möglichkeit, hypermediabasierte Simulationen für ausgewählte Fragestellungen innerhalb einer komplexen fächerübergreifenden Thematik zu einem geeigneten Zeitpunkt einsetzen zu können, hilfreich für eine flexible, schülerzentrierte Gestaltung des Unterrichts.

In vielen Fällen hat sich gezeigt, daß der Einsatz hypermediabasierter Lernsysteme im Unterricht besonders dann sinnvoll sein kann, wenn fest umrissene und überschaubare Sachverhalte gelernt werden sollen. Dabei wird sowohl von Lehrenden wie Lernenden betont, daß es fast immer sinnvoll ist, die Arbeit am Rechner durch schriftliche Materialien und andere Medien zu ergänzen.

1.3. Handlungsintensivierung und selbstgesteuertes Lernen

Die Möglichkeit des vom Schüler selbstgesteuerten Lernens wird immer wieder als Vorteil rechnergestützten Lernens betont. Dieses wohl eher intuitive Argument für den Einsatz rechnergestützter Lernumgebungen konnte in bisherigen Untersuchungen nicht gänzlich bestätigt werden. Wir haben versucht, diesen Aspekt genauer zu untersuchen und kamen dabei allerdings zu nicht eindeutigen Ergebnissen.

Erprobt wurden verschiedene Formen des Handlungslernens mit hoher Schülerselbsttätigkeit. Die Resonanz der im Modellversuch tätigen Lehrkräfte war insgesamt positiv. Als pädagogisch problematisch erwiesen sich aber die festzustellenden unterschiedlichen Lernfortschritte bei schwachen gegenüber leistungsstarken Schülern (vgl. dazu die Ausführungen unten).

Tendenziell konnten die Lehrer eine *Steigerung der Schüleraktivitäten* und mit Einschränkungen auch eine Verbesserung der *Schülerselbsttätigkeit* beobachten. Ein wesentlicher Faktor ist vermutlich, daß Simulatoren *generell spielerisches Experimentieren* und *Probehandeln* fördern. Die Möglichkeit von *angstfreiem Probehandeln* durch die Simulation von Fehlern ist dabei pädagogisch besonders bedeutsam.

Einige Lehrer beklagten allerdings auch den *Verlust ihrer didaktischen Regie* im Unterricht: Ein auf ein vorgeplantes Lernziel ausgerichtetes Lernen erwies sich insbesondere bei Lernsoftware, die wesentlich hypermediale Strukturen aufwies, als relativ schwierig. Inwieweit dadurch tatsächlich Lernprozesse behindert oder vielleicht nur in andere – vom Lehrer nicht mehr zu kontrollierende – Bahnen gelenkt wird, können wir an dieser Stelle nicht beurteilen.

Aus unseren Ergebnissen kann dementsprechend nicht gefolgert werden, man könne mit Hilfe moderner hypermedialer Software in jedem Fall besser als mit anderen Medien Selbstlernprozesse initiieren. Unsere Befunde sprechen teilweise dagegen, eine Differenzierung im Hinblick auf Inhalte, Bildungsgänge usw. erscheint in *jedem Fall* notwendig.

Im Übrigen war es nie erklärte Absicht im Modellversuch, Lernsoftware im Sinne tutorieller Lehrsysteme, die Teile der Lehrerarbeit substituieren

sollen, einzusetzen. Obwohl einige Pädagogen im Rechner auch heute noch einen *menschenähnlichen Tutor* sehen, halten wir dies aus vielerlei Gründen für überholt und pädagogisch unsinnig (vgl. Lusti 1992).

1.4. Probleme bei der individuellen Förderung einzelner Schüler

Besondere Aufmerksamkeit erfordert die Nutzung von Lernsoftware in denjenigen Fällen, in denen die Lerngruppen sehr inhomogen zusammengesetzt sind: die Lernfortschritte bei schwachen bzw. leistungsstarken Schülern entwickeln sich hier sehr divergent und verstärken unter Umständen das Leistungsgefälle innerhalb der Gruppe (Polarisierung). Dieses Phänomen zeigt, daß der Umgang mit Rechnern für bestimmte Schüler, insbesondere lernschwächere, doch Lernbarrieren beinhaltet. Nach den Erfahrungen des Modellversuches kann dieses Problem nur dadurch gemildert werden, daß für die Betreuung der schwächeren Schüler mehr Zeit aufgewendet wird. Dies erfordert eine Binnendifferenzierung bei der Unterrichtsplanung und Durchführung.

1.5. Können Simulatoren Realsysteme ersetzen ?

Aufgrund der vorliegenden Erfahrungen kommen wir zu dem Ergebnis, daß hypermediabasierte Simulationssysteme aufwendige Realsysteme für Unterrichtszwecke in vielen Fällen sinnvoll ergänzen oder in einzelnen Fällen sogar partiell ersetzen können. Einige Argumente *für* den Einsatz von Simulationssystemen sollen im folgenden benannt werden. Simulationen ermöglichen:

1. Experimente an Modellen komplexer, zeitkritischer oder gefährlicher Systeme, wenn beispielsweise das reale System in der Handhabung zu hohe Unfallrisiken birgt oder bestimmte zeitliche Abläufe in der Realität nicht exakt erfaßbar sind,
2. handlungsintensives Lernen an vereinfachten Modellen (Reduzierung von Bedienkomplexität),
3. Experimente an Modellen kostspieliger Systeme,

4. Reproduzierbarkeit von komplexen Ursache–Wirkungszusammenhängen und definierten Randbedingungen,
5. Antizipation geplanter technischer Entwicklungen,
6. Förderung von Abstraktionsvermögen, Perspektivenvielfalt und Analogiebildung,
7. Kommunikation und Diskurs,
8. Individualisierung von Lernprozessen.
9. Erhöhung der Schülerselbsttätigkeit und Unterstützung handlungsorientierter Unterrichtsformen,
10. Reduzierung von Risiken bei Fehlbedienungen an Realsystemen durch risikoloses Probehandeln und Üben an Modellen.

Argumente, die *gegen* den Einsatz von Simulationssystemen sprechen, sind:

1. Simulation ermöglicht keine ganzheitlich-sinnliche Wahrnehmung ,
2. Simulation ermöglicht keine unmittelbare Prozeßerfahrung,
3. Simulationsmodelle bilden nicht die Unberechenbarkeit der Realität ab.

Es ist also erforderlich, sich im konkreten Einzelfall ein klares Bild über das didaktische Potential des jeweiligen Realsystems bzw. Simulators zu verschaffen. Pädagogisch problematisch ist der Ansatz, mit Hilfe rechnergestützter Systeme das reale Gerät, das anfaßbare Lernmedium oder das schriftliche Material vollständig ersetzen zu wollen.

Als ein zentrales Untersuchungsergebnis können wir folgende These formulieren: *Hypermediagestützte Simulation kann einen konstruktiven Beitrag zur beruflichen Qualifikation leisten, wenn die Aspekte der Mehrdimensionalität, der Perspektivenvielfalt und der Ankopplung an reale Prozesse angemessen Berücksichtigung finden.*

1.6. Probleme mit Hypermedia

Wie wir schon dargestellt haben, erlauben Hypermedien im Gegensatz zu konventionellem Text, der nur linear durchlaufen werden kann, eine komplexere nichtsequentielle, netzartige Organisation der darzustellenden Inhalte. Die Objekte in einem solchen Netzwerk können aus verschiedenen Medien bestehen, die interaktiv am Bildschirm verfolgt und dargestellt werden können (vgl. Kap. II-2).

Die Abfolge der Dialogschritte wird vom Benutzer gesteuert. Er bewegt sich selbständig in dem Informationsnetzwerk und legt auch den Umfang und die Anzahl von Erklärungen und Präsentationen fest. Die starke Eigenverantwortung beim Lernprozeß mit Hypermedia-Systemen birgt dementsprechend viele Vorteile, daneben aber auch Risiken:

Wie wir in einzelnen Unterrichtsversuchen feststellen konnten, treten bei der Benutzung von Hypermedia *zwei* prinzipielle Probleme auf. Das eine besteht darin, daß Lernende mit zu vielen, verschachtelten Informationen konfrontiert werden, das andere, daß Lernende sich in der netzartigen Informationsstruktur des Hyperraumes verlieren.

Im ersten Fall spricht man von "cognitive overload", das zweite Problem wird durch den Begriff "lost in hyperspace" charakterisiert (vgl. Kap. II-2). Die spezifische Organisation von Informationen in Hypermedia-Systemen wird nach unseren Beobachtungen von fortgeschrittenen Benutzern als Vorteil, von Anfängern allerdings oft als lernhinderlich wahrgenommmen. Diese Problematik, die auch in anderen Untersuchungen bestätigt wird, läßt sich durch den Einsatz spezifischer, didaktisch gestalteter Systeme und durch begleitende strukturierende Hilfen während des Unterrichts reduzieren, wahrscheinlich aber nicht beseitigen.

Es zeigt sich also, daß die Problematik einer *Informationsüberflutung* und eines damit einhergehenden Orientierungsverlustes durch den Einsatz neuer digitialer Medien, wie z. B. Hypermedia (d.h. selbstverständlich auch das WWW) verstärkt wird. Die vom Rechner vorgelegte Geschwindigkeit und Bearbeitungskapazität geht in vielen Fällen über die Möglichkeiten des Lernenden hinaus. Außerdem sind insbesondere Anfänger im Regelfall nicht in der Lage, die Korrektheit von Programmen und Daten so zu überprüfen, daß sie die gewonnen Fakten und Informationen verifizieren

können. Die Berufspädagogik wird sich mit diesem Problem in Zukunft noch intensiver auseinanderzusetzen haben.

Insgesamt können wir im Zusammenhang mit der Navigationsproblematik folgendes festhalten: Zwei extreme Interaktionsformen in Hypermedia-Systemen wirken besonders lernhemmend:

- Die rigorose Einschränkung der Navigation auf das Blättern, das '1eaf- turning', das sehr an den Stil des Programmierten Unterrichts erinnert, erzeugt beim Lernenden einen Eindruck der Kontrolle durch das Programm und läßt die Lernmotivation absinken.
- Andererseits kann die freie Navigation bei einer ungeheurer Infomationsmenge ohne eine geeignete Fortschrittsanzeige bei Lernenden das Gefühl auslösen, daß ihnen zu viel zugemutet wird. Auch dies kann zum Motivationsverlust führen.

1.7. Handhabbarkeit von Hard- und Software

Nach unseren umfangreichen Erfahrungen mit multi- und hypermedialen Systemen im Modellversuch HYSIM kommen wir zu folgender Erkenntnis: Die Handhabbarkeit der Hard- und Software ist unter den *Alltagsbedingungen* in der Schule völlig unzureichend. Eine sehr bedeutsame, aber im Grunde nicht neue Erkenntnis. Die Handhabbarkeit von Hard- und Softwaresystemen wird unter anderem bestimmt durch:

- eine leichte Installation und Wartbarkeit,
- eine angemessene und nicht überfrachtete Bedienkomplexität,
- ihre Stabilität und Fehlertoleranz.

Das aber, was Soft- und Hardwarehersteller im Hinblick auf die Qualität ihrer Produkte versprechen, ist irreführend. Um nur einige bekannte Probleme zu benennen:

- die Software ist in der Regel fehlerhaft,
- die Benutzungskomplexität der Systeme steigt trotz grafischer Benutzungsschnittstellen,
- es besteht eine Tendenz der Funktionsüberflutung bei Programmen,

- es existieren massive Probleme bei der Installation von Software (insbesondere Grafiktreiber, Peripheriegeräte usw.) und
- die Hardwareanforderungen steigen kontinuierlich und zwingen Nutzer zu ständigen Hard- und Softwareerneuerungen.

Insgesamt müssen wir feststellen, daß nach unseren Erfahrungen das *größte* Hindernis bei der Nutzung von Hypermedia im beruflichen Unterricht in der unzulänglichen Handhabbarkeit der Hard- und Software liegt.[2] Insbesondere ist der Zeitaufwand für die Installation und Wartung der Systeme zu groß. Lehrkräfte beklagen darüber hinaus die kurzen Innovationszyklen und die daraus resultierenden Probleme der Konsolidierung von Ausstattungskonzeptionen. Wir sehen hier insbesondere die Gefahr, daß viele didaktische Entscheidungen unter dem negativen Aspekt des 'Nachhinkens' hinter kurzen Modernitätszyklen der Technik gefällt werden. Der eigentliche Bildungsauftrag der Beruflichen Schulen, nämlich die Vermittlung grundlegender beruflicher Kompetenzen auf der Basis fundierter pädagogischer Konzepte, kommt dabei zu kurz.

1.8. Gestaltung hypermediabasierter Lernprogramme

Die Frage, inwieweit die Softwareentwicklung von hypermediabasierten Lernprogrammen auch für Berufspädagogen relevant bzw. die Eigen-Programmierung von Lernsoftware möglich ist, wurde im Modellversuch intensiv untersucht. Neben der Nutzung vorhandener Lernprogramme wurden deshalb von den im Projekt mitarbeitenden Lehrkräften prototypische Lernumgebungen konzipiert, entwickelt und anschließend unterrichtlich erprobt.

Ausgangspunkt für die Annahme, die *Eigen-Programmierung* könne sinnvoll sein, war zum einen, daß durch die Verfügbarkeit moderner Hypermedia-Entwicklungssysteme erstmals in Aussicht gestellt wurde, daß auch

---

[2] Zu einer völlig anderen Einschätzung kommen z.B. Harte et al. (1996): "Die Verfügbarkeit und Handhabbarkeit geeigneter PC-Hardware stellt Anfang 1996 kein generelles Hindernis für die breite Einführung multimediagestützter betrieblicher Weiterbildung mehr dar. Anders als vor kurzer Zeit muß der Hardware-Aspekt nicht mehr als kritischer Faktor gesehen werden" (S. 33).

Nicht-Experten in einem vertretbaren Zeitaufwand Software erstellen können. Andererseits erschien es sinnvoll, durch die Entwicklung hypermedialer Simulationsumgebungen durch die Mitarbeiter des Projektes speziell auf die Bedürfnisse der spezifischen beruflichen Ausbildungsgänge sowie der jeweiligen Rahmenbedingungen der einzelnen Lernorte zugeschnittene Software zu schaffen. Hinzu kam, daß im Bereich der beruflichen Bildung auch kaum geeignete hypermediabasierte Lernsoftware zur Verfügung stand, die sinnvoll unterrichtlich eingesetzt werden konnte.

Es lag also nahe, auf der Basis prototypischer Softwareentwicklungen eine empirische Basis zu erlangen, um damit die Frage der Realisierbarkeit und Anwendbarkeit selbstentwickelter Software zu überprüfen. Darüber hinaus sollte in diesem Zusammenhang die Möglichkeit kooperativer bzw. partizipativer Software-Entwicklung ausgelotet werden. Der Ansatz einer partizipativen Software-Entwicklung, bei der Betroffene, in unserem Fall also Lehrende und Lernende, direkt die Entwicklung eines Softwareproduktes beeinflussen können, ist inzwischen eine anerkannte Software-Engineering-Methode, mit der Software nutzerfreundlicher gestaltet werden kann. Dies war ein weiteres Argument, eigene Softwareentwicklung im Rahmen des Projektes zu ermöglichen.

Die Softwareentwicklungen wurden, wie an anderer Stelle ausführlich beschrieben, mit einem Hypermedia-Entwicklungssysteme realisiert (vgl. Kap. IV u. VI). Nach entsprechenden Fortbildungsmaßnahmen (vgl. Kap. V) wurden von den teilnehmenden Kollegen erste Überlegungen zur Realisierung angestellt. Nachdem Problembereiche identifiziert waren, für die eine Eigenentwicklung von Lernsoftware pädagogisch sinnvoll und realisierbar erschien, wurde mit den einzelnen Vorhaben begonnen, und es konnten auf diese Weise zahlreiche hypermediabasierte Simulationssysteme realisiert werden. Einzelne Erfahrungen bei und aus der Entwicklung haben wir an verschiedenen Stellen in diesem Abschlußbericht beschrieben (vgl. Kap. IV u. VI). Folgende Aspekte verdienen einer genaueren Betrachtung und können als eine Orientierungshilfe für zukünftige Vorhaben im Bereich der Entwicklung multi- und hypermedialer Lernumgebungen angesehen werden:

- Prototypenentwicklung
- Objektorientierung

- Adaptierbarkeit der Anwendungen
- Portabilität
- Entwicklungsaufwand.

Prototypenentwicklung

Insgesamt läßt sich feststellen, daß die uns bekannten Hypermediasysteme für die Prototypenentwicklung – auch unter Einbeziehung der späteren Benutzer – sehr gut geeignet sind. Wird ein solcher Programmentwurf jedoch weiter ausgebaut, so ist zu vermuten, daß sich bei größeren Projekten[3] der Zeitvorteil gegenüber herkömmlichen Programmierwerkzeugen deutlich verringert. Die Strukturierungsmöglichkeiten und die Einschränkungen von scriptorientierten Anwendungen sowie die momentan zur Verfügung stehenden Entwicklungswerkzeuge (Editor, Debugger) deuten sogar darauf hin, daß die Zeitersparnis gegenüber der Entwicklung mit anderen objektorientierten Programmiersprachen signifikant abnimmt.

Objektorientierung

Die Anwendungsentwicklung wird durch die Möglichkeit einer übersichtlichen Strukturierung der Softwaremodule erleichtert. Eine unverzichtbare Methode stellt dabei die Objektorientierung dar. Die Vorteile der Objektorientierung sind unumstritten und auch Hypermediasysteme bieten objektorientierte Konzepte für die Entwicklung an. Im Rahmen des Modellversuches haben wir deshalb auf diesen Aspekt besonderen Wert gelegt und untersucht, inwieweit Hypermediasysteme einen objektorientierten Entwurf unterstützen. Wir kommen dabei zu folgender Einschätzung:

Die objektorientierte Erstellung von Anwendungen auf der Basis von Hypermediasystemen, wie beispielsweise ToolBook, wird durch die vorgegebene Struktur dieser Systeme eingeschränkt. Diese Einschränkungen vereinfachen zwar einerseits die Bedienung und sollen so auch Nicht-Informatikern die Hypermedia-Anwendungsentwicklung ermöglichen. Andererseits ergeben sich u.a. folgende Restriktionen, die bei der Planung eine Softwareprojektes mitbedacht werden müssen:

[3]Die Größe des CNC-Programmes könnte hier bereits die Grenze sein (vgl. Kap. IV-2).

- Es bestehen nur reduzierte Möglichkeiten der Datenkapselung und Modularisierung innerhalb von Anwendungen.
- Es existiert keine ausreichende Datentypkontrolle. Tippfehler führen zu Fehlern, die nicht sofort bemerkt werden.
- Die Erweiterung der vorgegebenen Objekthierarchie ist kaum möglich.
- Es können während der Laufzeit einer Anwendungen keine neue Instanzen generiert werden.

Diese Restriktionen machen sich bei der Entwicklung größerer Systeme unangenehm bemerkbar und zwingen dazu, *ein gewisses Maß der Bescheidenheit* nicht zu überschreiten.

Nach der Einschätzung zahlreicher, auch nicht im Modellversuch tätiger Lehrer, die wir befragt haben, besteht eines der wichtigsten Merkmale von multi- oder hypermedialen Autorensystemen augenscheinlich nicht in der Originalität, Leistungsfähigkeit oder Wertschätzung der didaktischen Konzeption von diesen Werkzeugen, sondern in der Erwartung, an leicht zu erstellende Software für Unterrichtszwecke. Bei dieser Erwartung wird allerdings leicht aus den Augen verloren, daß geringe Schwierigkeiten bei der Entwicklung von entsprechenden Lernmaterialien in der Regel mit einer restringierten didaktischen Konzeption teuer erkauft werden. Der relativ geringe Schwierigkeitsgrad resultiert daraus, daß Pädagogen - zumindest für die Grundform eines Autorensystems - keinerlei Programmierkenntnisse aufbringen müssen. Dies ist natürlich nur dann möglich, wenn die Entwicklungssoftware nach einem festen Algorithmus abläuft, der stets dieselben Strukturen erzeugt. Das dahinterstehende Modell orientiert sich am verhaltenspsychologischen Konzept des Behaviorismus, das bereits in den 70er Jahren in den Lernmaschinen des Programmierten Unterrichts realisiert wurde (zum Niedergang des computergestützten Lernens mit Autorensystemen vgl. Gorny 1982, 346ff. und die dort zitierten Positionen).

Adaptierbarkeit der Anwendungen

Bei dem Einsatz von Lehr- und Lernprogrammen ist es unter Umständen wichtig, daß diese im Einzelfall an die jeweiligen *situativen* Voraussetzungen angepaßt werden können. Hierzu müssen die entsprechenden Systeme

Mechanismen für Entwickler und Benutzer bieten, mit denen auf geänderte Anforderungen entsprechend reagiert werden kann. Diese Anforderungen können die Aufgaben, die Benutzercharakteristika, die Datenmanipulation, die Interaktionshilfsmittel oder auch mehrere dieser Elemente gleichzeitig betreffen. Wir haben einige dieser Aspekte untersucht und kommen zu dem Ergebnis, daß die Adaptierbarkeit hypermediabasierter Lernprogramme unter bestimmten Voraussetzungen gegeben ist:

- Anpassungen und Änderungen an der Benutzungsschnittstelle sind bei Hypermediasystemen in der Regel leicht vorzunehmen.
- Anpassungen und Änderungen, die den algorithmischen Kern einer Anwendung betreffen, sind nur dann akzeptabel, wenn es sich um sehr kleine Anwendungen handelt.
- Schwierig ist die Implementierung von Hypermediaanwendungen, bei denen der Benutzer selbst Anpassungen und Änderungen vornehmen kann, ohne daß er einschlägige Programmierkenntnisse besitzt. Wird ein solches Konzept dennoch angestrebt, ist der Entwickler gezwungen, eine Anzahl verschiedener Programmzustände zu antizipieren. Diese führen aber letztendlich dazu, daß sich Hypermedia–Applikationen so aufblähen, daß die Übersicht bei der Entwicklung verloren gehen kann. Nach unseren Erfahrungen liegt genau hier ein zentrales Problem. Darüber hinaus existieren kaum adäquate Hilfsmittel mit denen es in einem Softwareentwicklungsteam möglich ist, effektiv Software zu entwickeln.

Portabilität

Die Portierung eines hypermediabasierten Programms auf unterschiedliche Soft- und Hardware-Umgebungen oder auf andere Autorensysteme sollte möglichst mit einem vertretbaren Aufwand durchgeführt werden können. Das setzt einerseits voraus, daß die Implementation mit Hilfe von Programmiersprachen erfolgt, die es erlauben, Programmkonstrukte maschinen- und systemunabhängig zu beschreiben. Andererseits muß die jeweilige Implementationssprache auf allgemeingültigen Normungen bzw. Sprachbeschreibungen basieren und diese auch exakt einhalten. Weiterhin müssen diese Sprachen auf den jeweiligen Rechnerplattformen verfügbar sein oder es müssen entsprechende Konvertierungstools existieren. Hy-

permedia-Autorensysteme wie ToolBook oder Hypercard erfüllen diese Anforderungen nur sehr eingeschränkt:

- Zunächst sind diese Systeme nicht plattformunabhängig; eine Portierung auf ein anderes System ist deshalb immer mit viel Aufwand verbunden.
- Auch innerhalb einer Systemplattform haben wir Portibilitätsprobleme insbesondere bezüglich unterschiedlicher Rechnerperipherie (Bildschirm, Drucker) festgestellt.

Eine weitergehende Portabilität bieten nur wenige Systeme. Zu nennen wäre hier wiederum die Programmiersprache JAVA in Verbindung mit HTML, die inzwischen eine allgemeine Akzeptanz erfahren hat und praktisch auf allen Plattformen verfügbar ist.

Entwicklungsaufwand

Es hat sich gezeigt, daß der Aufwand, der mit der Entwicklung von Lernsoftware verbunden ist, größer war als erwartet. Die Eigenentwicklung von Software, so wie wir sie ursprünglich konzipiert hatten, ist dementsprechend nicht neben der regulären pädagogischen Arbeit der Lehrer zu leisten. Auch wenn die betreffende Kollegin bzw. der Kollege entsprechend qualifiziert ist, sind die Einarbeitungszeit und der Entwicklungsaufwand doch nicht zu unterschätzen. Diese Einschätzung wird im Wesentlichen von allen Mitarbeitern des Projektes geteilt.

Die Frage, ob hypermediale Lernumgebungen vom Lehrpersonal in Eigenentwicklung in einem vertretbaren zeitlichen Rahmen erstellt werden können, hängt nach unseren Erfahrungen von mehreren Bedingungen ab:

1. *Einschränkende Randbedingungen:* Es ist darauf zu achten, daß Eigenentwicklungen sich auf spezifische, individuelle Anwendungsfelder konzentrieren und ein gewisses Maß der Bescheidenheit nicht überschreiten. Weiter ist es sinnvoll, daß keine unsinnigen Doppelentwicklungen von bereits verfügbarer Software vorgenommenen werden.
2. *Qualifizierung:* Es müssen Arbeitskreise für interessiertes und engagiertes Lehrpersonal organisiert werden. Es bietet sich an, dieses im Kontext von Lehrerfortbildungen - etwa durch entsprechende Vertie-

fungskurse für Software-Autoren - zu realisieren. Neben solchen Fortbildungsveranstaltungen könnten auch im Rahmen fortlaufender Kurse projektartig Lernprogramme entwickelt werden, die dann auch anderen Kolleginnen und Kollegen zur Verfügung gestellt werden könnten.

3. *Schaffung von Zeitkontingenten:* Um die Entwicklungsarbeiten erfolgreich durchführen zu können, müssen entsprechende Zeitkontingente eingeplant werden. Inwieweit ein solcher Ansatz tragfähig ist, hängt sicher auch von der Bereitschaft der Schulverwaltungen ab, hierfür entsprechende zeitliche Freiräume für Software-Autoren zu schaffen.
4. *Einsatz geeigneter Autorensysteme***:** Nur mit Hilfe leistungsfähiger Software-Tools, die auf die Erfordernisse hypermedialer Lernsysteme hin konzipiert sind, ist es möglich, Lernsoftware effektiv zu entwikkeln. Interessant sind unseres Erachtens *Java*-basierte Konzepte. *Java* bietet ein leistungsfähiges Softwarekonzept, Portabilität und leichte Integration in Netzwerke. Darüber hinaus existieren inzwischen preiswerte Entwicklungstools und viele interessante Anwendungen für den Bildungsbereich. Ein Nachteil ist zweifellos die Notwendigkeit der höheren Qualifikation der Entwickler.

Zusammenfassend gehen wir davon aus, daß im Zeitalter digitaler Medien Pädagoginnen und Pädagogen die Chance haben müssen, ebenso aktiv gestaltend mit diesen Medien umzugehen wie sie es mit anderen Lernmedien ebenfalls seit langem tun. Dazu gehört im begrenzten Rahmen eben auch die Entwicklung hypermedialer Anwendungen für den Unterricht.

1.9. Kostenaspekte

Vordergründig betrachtet springen zwei Argumente ins Auge, aus denen sich die Verringerung von Kosten bei der Substitution von Realsystemen durch wie auch immer gestaltete Simulationen speist:

- Beschaffungskosten: Die Simulation kann die Anzahl der benötigten Realsysteme reduzieren. Das schlägt sich unmittelbar in der Anzahl der – und damit den Kosten für die – zu beschaffenden Realsysteme nieder. Oft erlaubt erst der Einsatz von Simulationen ein handlungs-

intensives Üben für hinreichend viele Lernende, da mehrere Realsysteme nicht nur beschafft werden müssen, sondern auch entsprechend räumliche Voraussetzungen erfordern.

- Wartungs- und Reparaturkosten: Bei der Fehlbedienung von Realsystemen kann das Realsystem zerstört oder beeinträchtigt werden, was hohe Reparaturkosten nach sich ziehen kann. Man denke nur an eine CNC-gesteuerte Werkzeugmaschine, bei der das Werkzeug in die Spannvorrichtung fährt. Der Einsatz von Simulationen kann daher Kosten reduzieren und Folgekosten vermeiden.

Selbst wenn eine Simulation ein Realsystem so weit, wie mit vertretbarem Aufwand eben möglich, abbildet, läßt sich das Realsystem eben nicht durch die Simulation ersetzen, weil im allgemeinen haptische Reize und Geräusche fehlen und vor allem in der besten Simulation nur das abläuft, was der Autor des Simulators vorgesehen hat.

1.10. Literaturhinweise

Gorny, P.(1992): New Information Technologies in Education in the Federal Republic of Germany. - In: European Joumal of Education 17 (1982) 339ff.

Hartge, T. / Melchior, E.-M. / Pausch, R. (1996): Multimedia in der betrieblichen Weiterbildung. QUEM Report Heft 41/Teil 1, S. 158 ff

Lusti. M. (1992): Intelligente tutorielle Systeme : Eine Einführung in wissensbasierte Lernsysteme. München; Wien

2. Empfehlungen zur Lehrerfortbildung in Hypermedia

Die nachfolgenden (eher skizzenhaften) Überlegungen zur Entwicklung eines curricularen Rahmenkonzeptes für die Lehrerfortbildung basieren in erster Linie auf den Erfahrungen und Ergebnissen dieses Modellversuches. Berücksichtigt werden einerseits die im Rahmen des Projektes durchgeführten Fortbildungen und Seminare, andererseits die empirischen Ergebnisse aus den durchgeführten Unterrichtsprojekten.

2.1. Überlegungen zur Didaktik der Lehrerfortbildung

Wegen des eindeutig innovativen Charakters des hier zu entwickelnden Curriculums ergeben sich allerdings Probleme, die es notwendig machen, über die Grenzen und Möglichkeiten der Lehrerfortbildung im Vergleich zur Lehrerweiterbildung nachzudenken. Mit anderen Worten: den pädagogischen Herausforderungen, die durch neue Technologien, wie z. B. Hypertext, Hypermedia und Multimedia an Pädagogen gestellt werden, läßt sich u. E. nur bedingt durch traditionelle Fortbildungskonzepte angemessen begegnen. Um dies deutlich zu machen, sei zunächst auf die im Lande Bremen geltenden Ziele von Lehrerfortbildung in Abgrenzung von denen der Lehrerweiterbildung hingewiesen, die in den entsprechenden Ordnungsmitteln formal festgelegt sind:

"Die wissenschaftliche Fortbildung der Lehrer dient der Sicherung der erworbenen Qualifikation. Die Fortbildung soll den Lehrer mit dem neuesten Stand der für die Berufspraxis erforderlichen Wissenschaften vertraut machen [...]" (Bremisches Lehrerausbildungsgesetz §11, 1.2).

Lehrerweiterbildung dagegen ist "die wissenschaftliche Weiterbildung der Lehrer", sie "dient der Veränderung der erworbenen Qualifikationen im Rahmen des einheitlichen Lehramtes. Die Weiterbildung ermöglicht dem Lehrer den zusätzlichen Erwerb einer [...] Qualifikation " (Bremisches Lehrerausbildungsgesetz §12, 1.2).

Hieraus gehen deutlich die Intentionen der Lehrerfortbildung hervor: Lehrerfortbildung dient der Qualitätssicherung. Sie bezieht sich primär auf die im Rahmen der ersten und zweiten Phase der Lehrerausbildung erworbenen Qualifikationen und bezweckt die Erhaltung und Verbesserung der fachlichen und pädagogischen Kompetenz des Lehrers.

Lehrerweiterbildung zielt dagegen auf den Erwerb neuer Qualifikationen. Sie soll also in erster Linie dazu dienen, Pädagogen für unterrichtliche Tätigkeiten zu qualifizieren, für die sie nicht ausgebildet worden sind. Nach dem allgemeinen Verständnis beinhaltet das die formale Qualifikation für eine neues Unterrichtsfach, d. h. die Erlangung einer zusätzlichen Fakultas. Dementsprechend ist die Weiterbildung inhaltlich und zeitlich umfassender konzipiert und durchaus mit einem Zusatzstudium zu vergleichen.

Obwohl viele Berufspädagogen nach eigenem Bekunden die Einarbeitung in die zur Diskussion stehenden Inhalte als Erwerb grundsätzlich neuer Qualifikationen empfinden, geht es hier aber nicht um eine zusätzliche Fakultas für ein neues Unterrichtsfach. Die Einführung eines zusätzlichen eigenständigen Faches ergebe weder unter fachlichen noch pädagogischen Gesichtspunkten einen Sinn und steht auch nicht zur Diskussion. Allerdings deutet vieles darauf hin, daß durch den innovativen Gehalt dieser technologischen Entwicklungen und den damit verbundenen pädagogischen Implikationen und Komplikationen das gängige Verständnis von Lehrerfortbildung - im Sinne einer Qualifikationsergänzung - gesprengt wird. Die aus den genannten Entwicklungen resultierenden Qualifikationen sind für Berufspädagogen so neu, daß sie davon in ihrem Studium kaum etwas erfahren haben können. Sie verfügen allenfalls - je nach Art ihrer Ausbildung - über Einzelkenntnisse. Lehrerfortbildung in dem hier dargestellten Bereich muß deshalb u. E. Elemente der Lehrerweiterbildung, zumindest was die inhaltliche Dimension und den zeitlichen Rahmen angeht, mit einschließen.

Die Qualifizierung der Lehrer für neue Fachgebiete stellt sich für die Lehrerfortbildung aber auch noch in anderer Hinsicht als wichtige Aufgabe. Zu verweisen ist diesbezüglich auf die Problematik der fachlichen Spezialisierung bzw. auf die Typenvielfalt beruflicher Bildungsgänge. Neben der klassischen Berufsschule gibt es eine Vielzahl beruflicher Bildungsgänge. Die Lehrer sind entsprechend häufig in einer Vielzahl unterschiedlicher

Schultypen und Fachklassen eingesetzt. Ihr Tätigkeitsfeld ist also breit und differenziert, woraus sich besondere Anforderungen an die Konzeption von Lehrerfortbildungen ergeben, die diesen angemessen Rechnung tragen müssen.

2.2. Formulierung eines Anforderungsprofils

Die oben dargestellten Überlegungen beruhen zu einem wesentlichen Teil nicht nur auf der Basis theoretischer Konzeptentwicklung, sondern auch auf empirischen Erfahrungen im Modellversuch. Sie haben hoffentlich deutlich gemacht, daß es in naher Zukunft aufgrund der ständigen Veränderungen im Bereich digitaler Medien nicht möglich sein wird, in dem hier zur Diskussion stehenden Bereich detaillierte Curricula für die Lehreraus-, Lehrerfort- bzw. Lehrerweiterbildung festzuschreiben. Die Frage nach sinnvollen Zielen, Inhalten und Methoden bei der ständig sich verändernden technologischen Entwicklung muß deshalb fortlaufend neu gestellt werden. Dies ist seit dem massiven Eindringen der Informationstechnik in die berufliche Bildung kein Novum und bestimmt seit einigen Jahren die curriculare Arbeit in diesen Bereichen.

Unter Berücksichtigung dieser Rahmenbedingung sind für die Gewinnung von Gestaltungskriterien für eine curriculare Konzeption u.E. folgende Faktoren bedeutsam:

1. Berufliche Relevanz
2. Veränderung gesellschaftlicher Wirklichkeit
3. Brennpunkte und Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung.

Während der erste und zweite Faktor für Berufspädagogen naheliegend ist und bei der Curriculumentwicklung in der Regel Berücksichtigung findet, ist es oft nicht möglich, aktuelle Forschungen in der Weise zu reflektieren, daß neue Ergebnisse und mögliche praktische Umsetzungen momentaner Forschungen immer in angemessenem Rahmen in curriculare Umsetzungen einfließen können. Die Synchronisierung von wissenschaftlichem Fortschritt und Lehrerqualifikation kann deshalb nur in einem sich ständig wiederholenden Prozeß von Curriculumrevision und Lehrerqualifikation gelingen. Dazu bedarf es eines *offenen* Curriculums, das aus einzelnen (modularen) Bausteinen aufgebaut ist. Diese Bausteine müssen so gestaltet

werden, daß sie sowohl einzeln als auch im Zusammenhang einen sinnvollen Bezug zur diskutierten Thematik herstellen. Bei Bedarf müssen einzelne Curriculumbausteine modifizierbar sein, ohne daß das Gesamtkonzept aufgegeben werden muß.

Daß ein Curriculum für eine Lehrerfortbildung deshalb nicht ausschließlich auf spezielle Systeme und Technologien, z. B. spezifische Hardware - oder Hypermedia-Systeme ausgerichtet werden sollte, mag durch die obigen Ausführungen deutlich geworden sein.

Der Ansatz, Fortbildungskurse durchzuführen, die im Kern auf die Entwicklung von Lernsoftware zielen, ist u. E. nicht ausreichend und würde weder die Bedürfnisse der Berufspädagogen im allgemeinen noch die zeitlichen und inhaltlichen Möglichkeiten von Lehrerfortbildungen reflektieren. Daraus resultiert nicht zwangsläufig, daß die Entwicklung hypermedialer Lernsoftware nicht auch Gegenstand von Fortbildungen sein sollte, allerdings müßte sie einen deutlich anderen Stellenwert erhalten und nur eine Option innerhalb eines umfassenden Curriculums bieten.

Die im Rahmen des Modellversuches gewonnen Erfahrungen bezüglich der durchgeführten Fortbildungsmaßnahmen haben deutlich gemacht, daß es unerläßlich ist, die unterschiedlichen Vorkenntnisse und Erwartungen der Lehrerinnen und Lehrer in differenzierter Weise zu reflektieren. Zur konzeptionellen Weiterentwicklung wird deshalb vorgeschlagen, die weiteren Überlegungen an Aspekten zu orientieren, die die systematische Behandlung von Hypermedia bzw. digitalen Medien unter verschiedenen Sichtweisen bzw. Perspektiven erlauben. Die Ziele und Inhalte eines entsprechenden *Curriculums Hypermedia* lassen sich unter folgenden Aspekten darstellen, die unterschiedliche Komplexitätsgrade implizieren:

- Anwendungsaspekt
- Technologischer Aspekt
- Gesellschaftlicher Aspekt
- Gestaltungsaspekt
- Pädagogischer Aspekt.

Diese fünf Aspekte sind bezüglich einzelner zu planender Kurseinheiten nach Möglichkeit inhaltlich zusammenhängend zu berücksichtigen. Die

einzelnen Schwerpunkte sind dabei so zu setzen, daß Situationen problematisiert werden, bei denen Lehrer sowohl Benutzer als auch Betroffene dieser Technologien sind.

2.3. Kursbausteine

Wie schon an anderer Stelle dargelegt, sollte eine Lehrerfortbildung in "Hypermedia" nie eine strenge, ausschließlich auf Hypermedia-Systeme ausgerichtete Struktur haben. Vielmehr sollten einzelne sinnvolle Kurselemente geschaffen werden, die als Einzelbausteine weitgehend in sich abgeschlossen sind. Aufbauend auf diesen Grundsätzen werden deshalb folgende aufeinander aufbauende Kursblöcke vorgeschlagen.

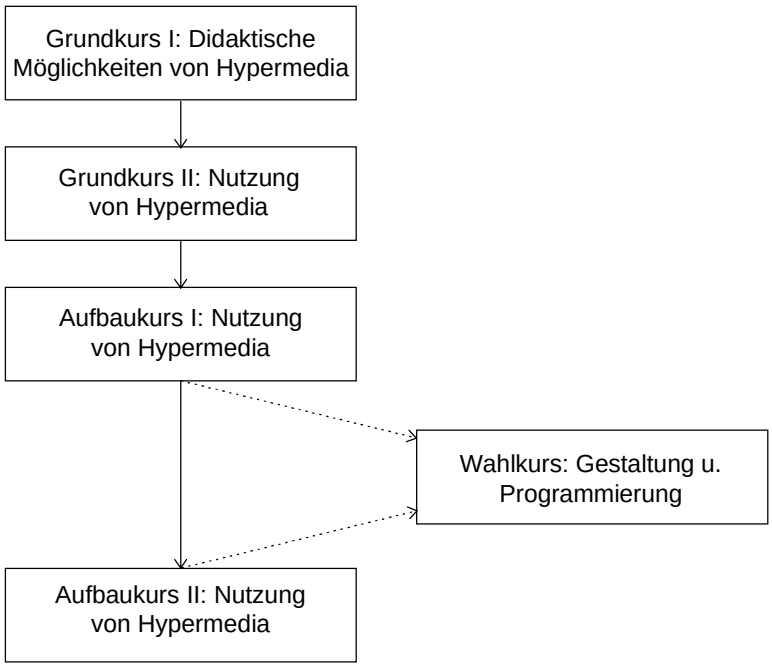


Abb. 2-1: Kursübersicht

2.4. Literatur

Bremisches Lehrerausbildungsgesetz: Gesetz über die Ausbildung für das Lehramt an öffentlichen Schulen im Lande Bremen (Bremisches Lehrerausbildungsgesetz), vom 2. Juli 1974.

F. Wilhelm Bruns

1. Forschungsperspektiven und Handlungsempfehlungen aus dem Modellversuch HYSIM

Im folgenden sollen einige Ergebnisse und Schlußfolgerungen des Modellversuchs *Hypermediagestützte Simulationssysteme für berufliche Schulen* zusammengefaßt werden. Ziel des Projektes war die experimentelle Analyse der Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes hypermediagestützter Simulationssysteme in der beruflichen Bildung für den gewerblich-technischen Bereich. Die Analyse sollte an einem zu konzipierenden und prototypisch zu enwickelnden Baukasten zur Mehrebenensimulation und dessen unterrichtlicher Erprobung projektbegleitend durchgeführt werden und im Sinne der Aktionsforschung schon während des Projektablaufes in die Realisierung des Baukastens einfließen. Über das besondere methodische Vorgehen bei diesem Ansatz ist bereits an anderer Stelle in diesem Band berichtet worden (vgl. Kap. I u. III). Ich möchte mich deshalb auf die Zusammenfassung der Ergebnisse in Form von Produkten, Erfahrungen, Erkenntnissen und Perspektiven beschränken.

1.1. Ergebnisse des Modellversuchs

1.1.1. Produkte

Der ursprünglich von uns angestrebte enge einheitliche Steuerungsrahmen (Modell- und Methodenbank) für eine enge Kopplung zwischen verschiedenen Simulationsmodellen unterschiedlicher Abstraktionsebene und Anwendungsrichtung (Abb. 1-1), zwischen denen Lehrende und Lernende inhaltsorientiert ohne störenden Rechnerbedienungs- und -verwaltungsaufwand navigieren können sollten, konnte nicht realisiert werden. Dies hatte mehrere Gründe: zum einen waren die technischen Voraussetzungen (Autorensprachen, Simulationssprachen, Zielrechner, Multimediaplattformen) dafür noch nicht ausreichend, zum anderen waren die Anwendungsgebiete zu heterogen als daß sich ein direkter Bezug zwischen ihnen als sinnvoll erwiesen hätte.

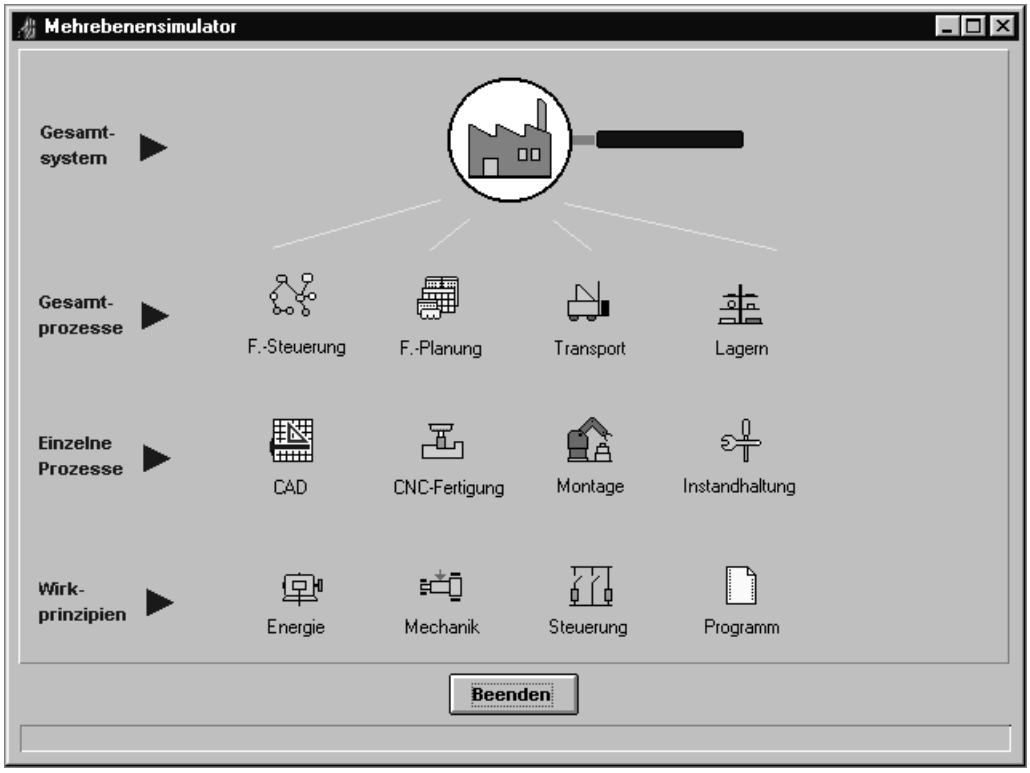


Abb. 1-1: Mehrebenensimulation

Des weiteren hätte ein starr vorgegebener Konzeptrahmen auf einer machbaren Ebene die Experimentier- und stark eingeschränkt und damit die Erkenntnismöglichkeiten erheblich reduziert. Gerade durch den rechtzeitigen Verzicht auf eine strenge Vereinheitlichung konnte eine Vielfalt locker zusammenhängender Simulationsmodelle und Unterrichtseinheiten entstehen, die in ihrem gewachsenen Praxisbezug und ihrer pädagogischen Reflektiertheit durch das hohe Engagement der beteiligten Lehrer ihres Gleichen sucht. Für diesen locker verbundenen Baukasten wurden die folgenden, teilweise in den vorhergehenden Beiträgen bereits vorgestellten Komponenten entwickelt:

1. Hypermedia-Lernsoftware, die über einen Navigationsrahmen (WWW-Browser) sowohl im Fernbetrieb über das Internet als auch lokal von einer CD-ROM oder Festplatte benutzbar ist:
   - Simulation eines Mikroprozessors - EduCPU
   - Serielle Schnittstelle
   - CNC-Simulatoren
   - Elektropneumatik und Speicherprogrammierbare Steuerung - SPS

- Elektropneumatische Selbsthalteschaltung
- SPS - Einführung - Slim
- Vakuumpumpenstand
- Zahnrad-Konstruktion
- Interaktives Buch zur Lagerkraftberechnung

2. Animationsstudien, die das neue Medium unter dem Aspekt der technischen Handhabbarkeit in seinen Grenzbereichen erkunden
   - Montage einer Zahnradpumpe
   - Flüssigkeitsströmungen in einer Zahnradpumpe
   - Funktion und Konstruktion einer Evolventenverzahnung
   - Kinematik einer Kurbelschleife
3. Unterrichtsprojekte mit Schülerbeteiligung
   - Virtueller Funktionsgenerator
4. Ideen und Bausteine für Lehrer- und Schülerentwicklungen
   - Sprechblasen-Hilfe
   - Serielle Kommunikation aus ToolBook
5. Studien zur Hypermediatechnik
   - Orientierung und Navigation in Räumen
   - Interaktionskonzepte
   - Fotorealistische Animationen
   - Aufbau und Pflege von Hyperstrukturen
   - Navigation in Hyperstrukturen
   - Integration externer Simulatoren in HYSIM
   - CD-ROM Struktur und Installierbarkeit
   - HTML-Struktur und Netscape-Navigation
   - VRML-3D-Welten
   - Möglichkeiten und Grenzen von JAVA
6. Übungsbeispiele für die Lehrerfortbildung
   - Ü1: Einführung in die Script-Programmierung
   - Ü2: Benutzung und Programmierung von DLLs

- Ü3: Dynamischer Datenaustausch
- Ü4: MCI-Programmierung

7. Hilfsprogramme
   - ToolBook 1.5 Runtime-Umgebung
   - Player für FLC-Dateien (Bildsequenzen).

1.1.2. Erfahrungen

Eine wichtige Erfahrung aus Sicht der wissenschaftlichen Begleitung war die ungewöhnlich produktive Kooperation zwischen den Schulen und der Universität, die, was nicht ganz selbstverständlich ist, in hohem Maße gleichberechtigt, bidirektional, lehrer-, schüler- und studentenbeteiligt verlief.

Obwohl in der Modellversuchsgruppe besonders die Lehrer vertreten waren, die der neuen Technik gegenüber besonders aufgeschlossen waren, erwies sich die Sperrigkeit der Hypermediatechnik als außerordentlich störend. Dabei fielen besonders negativ die System-Heterogenität, -speicherbegrenzung, Langsamkeit, Unzuverlässigkeit und Kurzlebigkeit auf. Bei der Einführung dieser Technik in Schulen ist daher mit erheblichen Reibungsverlusten zu rechnen.

Die dynamische Entwicklung von Arbeit, Organisation und Technik legte es nahe, von einer Ziel- und Produktorientierung zu einer Vorgehens- und Prozeßorientierung überzugehen. Das ermöglichte uns die rechtzeitige Umorientierung von der Sackgasse Multimedia-CD-ROM zu einem Internet gestützten offenen Software- und Kooperationskonzept.

Die Entscheidung für das Autorensystem Hypermedia-Toolbook erwies sich als außerordentlich hilfreich und weitreichend für die Zukunft, da dieses Medium besonders für die Vorbereitung und Übertragung auf die vielversprechenden Konzepte JAVA und HTML geeignet ist.

Eine weitere wichtige Erfahrung war der enge Zusammenhang zwischen der Produkt-Struktur, dem Vertrieb und dem Gebrauch eines Multimediaproduktes. Große Schwierigkeiten bei der Erstellung einer unseren Anforderungen entsprechenden offenen, in heterogener Lernumgebung einsetzbaren und umgestaltbaren CD-ROM-Version führten zur Ablehnung dieses

Konzeptes und der Entwicklung einer HTML Version. Dabei war unser Leitgedanke, Multimediatechnik und Autorentechnik nicht als eine einfache Übertragung der einbahnstraßigen Druckmedienautorenschaft auf Computermedien zu sehen, sondern als eine Möglichkeit der neuartigen Beteiligung von Schülern an der Erstellung, Veränderung und Weiterverwendung dieser Medien als Werkzeuge.

1.1.3. Erkenntnisse

HYSIM erfuhr im Laufe des Projektes einen *Bedeutungswande*l und eine *Konkretisierung*.

Die Simulationstechnik hat sich inzwischen als wichtiges *handlungsunterstützendes* Lernmittel durchgesetzt.

Multimedia als Vorstellung, daß *mehr* Medien gleichzeitig eingesetzt mehr Sinne ansprechen und zu mehr Erkenntnis führen ist irrig. Es geht nach unseren Erfahrungen eher darum, aus einer wünschenswerten großen Vielfalt von Medien gleichzeitig nur wenige einzusetzen, diese aber reflektiert. Es geht um die Entwicklung einer Ökonomie der Sinne. In mehreren Unterrichtseinheiten (z.B. Elektropneumatik/SPS, Pumpenstand) wurde deutlich, wieviel sinnvoller es ist, eine ständige Verbindung zwischen dem virtuellen Simulationsmodell und der Realanlage aufrechtzuhalten als die Anschaulichkeit der virtuellen Anlage durch mehr Medien zu steigern.

Wir sehen die großen Möglichkeiten von Hypermedia darin, *Brücken* zwischen Konkretem, Gegenständlichem und Abstraktem, Virtuellem zu unterstützen. In diesem Sinne führt eine reine Orientierung an Virtual Reality Konzepten in die falsche Richtung, sie bedeutet den Verlust an Gegenständlichkeit und Durchschaubarkeit.

HYSIM als vernetzte Simulation hat durch das WWW als Kulturtechnik inzwischen eine größerer Bedeutung gewonnen als von uns vorhergesehen. Unsere Arbeit ist deshalb nur ein Tropfen im Meer der aufgeworfenen Fragen. Neue Konzepte der Information und Kommunikation im Lernprozeß sind zu erwarten. Gemessen daran, wie lange andere Medien (Buch, Film) brauchten, um sich theoretisch und praktisch zu entwickeln, existieren in dem HyperSimulationsbereich noch zu wenig Erfahrungen. Um angemessene Konzepte und Theorien zu entwickeln, sind noch viele Experimente

wie dieser Modellversuch erforderlich. Ein Stufenkonzept für Experimente auf breiter schulischer Basis könnte sein

1. Sequentielle Texte werden mit Sprüngen und Simulationsfunktionen versehen, es entsteht das Interaktive Buch
2. Abgegrenzte Wissensgebiete, wie Elektropneumatik, werden als Unterrichtseinheiten gestaltet. Wichtig wäre dabei die Erfahrung unterschiedlicher Formen der Organisation der Medien, der Werkzeuge und der Prozesse
3. Eine Vernetzung von Schule und Betrieb könnte neue Formen der Theorie-Praxis Beziehung erkunden.

Die vertikale (Mehrebenen) und die horizontale (Netze) Vielfalt führen leicht zur Desorientierung. Sie erfordern viel Erfahrung und Selbstbeschränkung, sie erfordern eine neue Form des Umgangs. Der hohe Zeitaufwand für individuelle Entwicklungen verlangt nach höherer Modularität, Wiederverwendbarkeit und der Organisation von Fachgruppen. Die Probleme der Distribution, Entwickler-Anwender-Kooperation, verlangen ein einheitliches Konzept von off-line und on-line Vertrieb und Navigation.

Die von Hartge et al (1996) festgestellten Möglichkeiten, Grenzen und Perspektiven des betrieblichen Multimediaeinsatzes können wir in mehreren Punkten auch durch die Erfahrungen unseres Projektes bestätigen. Einigen Aussagen müssen wir jedoch für den schulischen, aber auch betrieblichen Bereich widersprechen.

Zustimmung finden die Aussagen (S. 158ff):

- *Multimedia ist kein genereller Ersatz für herkömmliche Formen der betrieblichen Weiterbildung. Personelles Training bleibt wichtig.*
- *Multimedia sollte nicht als Instrument zur Reduktion der Weiterbildungsbudgets betrachtet werden.*
- *Multimediagestützte Lerntechnologien führen keineswegs zwangsläufig zu einer Entmündigung und Vereinsamung des Lernenden.*
- *Die neuen multimedialen Lerntechnologien eröffnen im Gegensatz zu traditionellen Formen des computergestützten Lernens einen großen Gestaltungsspielraum.*

Widersprechen müssen wir den folgenden Aussagen (S. 158ff):

- *Multimedia-Lerntechnologien sind im Gegensatz zu traditionellen Formen der betrieblichen Weiterbildung geeignet, Betriebe und Organisationen in allen Bereichen zu durchdringen (Ubiquitiät).*

  - Unsere These: Je technikabhängiger die Medien sind, desto schwieriger ist ihr Eindringen in alle betrieblichen Bereiche, desto eher führen sie zu einer Zweiklassenteilung.

- *Multimediale Lern- und Informationsmedien sind ein adäquates Mittel zum Erlernen des Umgangs mit komplexen rechnergesteuerten Anlagen und Prozessen.*

  - Unsere These: Multimedia-Lern- und Informationsmedien sind ohne reale Prozeßkopplung ungeeignet für das Erlernen des Umgangs mit komplexen rechnergesteuerten Anlagen und Prozessen.

- *Multimedia als Beitrag zur Formierung der lernenden Organisation.*

  - Unsere These: Die lernende Organisation formiert sich abhängig von anderen Faktoren als von Multimedia.

- *Multimedia bietet die Chance, wirtschaftliche und gesellschaftliche Veränderungen sozialverträglich zu gestalten.*

  - Unsere These: Es gibt keinen Grund für diese hoffnungsvolle Aussage.

1.2. Forschungsperspektiven und Handlungsbedarf

1.2.1. Ausbau der empirischen Basis und der Theorieansätze

Einen Besuch von Wagners Oper Walküre erlebte ich kürzlich als beeindruckendes Multimediaereignis. Hier spürte man, wie vorhandene Medien und lange Erfahrung mit ihnen, zusammen mit einem starken inhaltlichen Ausdruckswillen, zu einem neuen Multimediaausdruck wurden. Im Projekt HYSIM standen die Medien selbst noch in so großer Entwicklung, daß die Erkundung ihrer neuen Möglichkeiten und die *Suche* nach Inhalten im Vordergrund standen.

Der Film brauchte 30 Jahre, um sich als Sprache und Medium zu etablieren und ein theoretisches Fundament zu entfalten. Eisensteins Bemühungen um eine Filmsprache ähnlich der Rhetorik ('Montage ist Konflikt', Schüssel + Blick = Hunger) sind bezeichnend. Mike Jaggers Bemühungen um eine neue Ästhetik der digitalen Medien in "Hard Woman" (1987 Siggraph-Demo) sind für die neue Suchbewegung charakteristisch. HYSIM ist in diesem Sinne als Suchbewegung zu verstehen (Roboteranimation, Navigation durch Fabrik- und Werkstattgebäude, Müllers interaktive Welle, Metaphernforschung). Diese Suchbewegung brachte uns zu der Grundsatzfrage: Welche Sachbegegnung fördert in welchem Kontext die Handlungskompetenz?

Die leicht verständliche, konkrete Visualisierung eines dynamischen Wirkungsprinzips zur Erfüllung einer vorgegebenen Funktion, also hohe Anschaulichkeit, *oder* die schwierigere, abstrakte mentale Konstruktion und Rekonstruktion der Abläufe als Vorstellung?

Am Beispiel Leonardos Automaten zur Feilenherstellung (Abb. 1-2) kann diese Problematik verdeutlicht werden. Ist es förderlicher, diesen Automaten als statische Zeichnung, als dynamische Ablaufsequenz, als virtuellen Baukasten oder als gegenständlichen Baukasten zu erfahren? Welche Wirkung hat Gegenständlichkeit und welche hat Virtualität für Orientierung, Verständnis und Verständigung? Unsere vorläufige Antwort auf einige der gestellten Fragen ist die Suche nach einer erfahrungsförderlichen Kopplung von Realität und Virtualität. Dazu sind zwei Entwicklungslinien näher zu untersuchen: die der zunehmenden Virtualisierung und Vernetzung von Phänomenen und die der zunehmenden Wiederentdeckung der Bedeutung von Gegenständlichkeit.

Abb. 1-2: Baukastensystem "Leonardo"
(nach Heidenreich et al. 1980)

1.2.2. Forschung zur Virtualisierung und Vernetzung

Mit den neuen Programmiersprachen JAVA und VRML haben die Möglichkeiten der Telepräsenz, der Navigation, Kommunikation und Kooperation in verteilten virtuellen Räumen explosionsartig zugenommen. Durch

interaktive Mehrbenutzerspiele im Internet (MUD und DOOM) an Universitäten vorbereitet und angekündigt, entstanden innerhalb weniger Monate hunderte von virtuellen Räumen: Messen, Marktplätze, Universitäten, Labore, Spielhallen[1]. Mit zunehmender Rechner- und Netzleistung wird sich dieser Trend verstärken und viele Fragen sozialer, seelischer, körperlicher, technischer, kommerzieller Art aufwerfen. Die gegenwärtig etwas dahinschlummernde *Arbeit und Technik* Forschung wird neue Forschungsfelder zu bearbeiten haben und die alte Frage: Ob Arbeit eher durch Organisation oder durch Technik bestimmt sei, ja ob es gar eine determinierende Technik gäbe, eine Technik, die bestimmte Arbeitsorganisationen und Arbeitsformen erzwingen würde, diese Frage wird neu zu behandeln sein.

Mit Recht fordert Rockwell (1996), den Bau dieser virtuellen Welten nicht primär als technisches Problem zu behandeln, sondern als ein interdisziplinär anzugehendes Problem der Schaffung sozialer Räume. Dies verlangt Vorgehensweisen wie wir sie aus der Stadt- und Regionalplanung, aus der Architektur, aus der Soziologie, aus der Psychologie kennen. Für die pädagogische Dimension wirft dies Fragen auf wie:

- Bis zu welchem Grad ist die Nutzung der Spielfreude förderlich für das Lernen?
- Welche Möglichkeiten neuer, motivierender Selbstdarstellung (HomePages, HomeRooms), Eigenentwicklung, Information und Fernwirkung ergeben sich?
- Welche neuen Formen der Unterrichtsorganisation und der überschulischen fachbezogenen und fachübergreifenden Kooperation sind anzustreben?
- Welche Bedeutung hat virtuelle Anschaulichkeit für die Herausbildung mentaler Modelle?
- Welche Konfrontation erfährt der Handlungsbegriff (Kopf, Herz, Hand) in virtuellen Begegnungsstätten?

[1] Vgl. Abb. 1-3 bis Abb. 1-9; Quelle: http://vwww.com/ hub/.

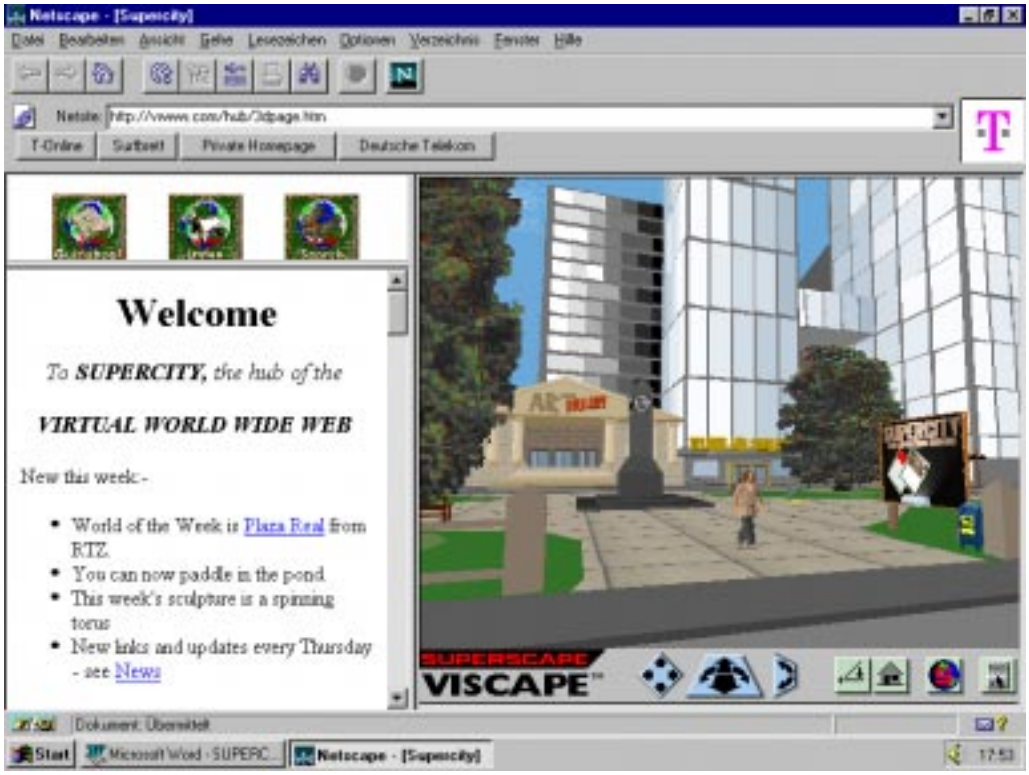


Abb. 1-3: Virtuelle Stadt

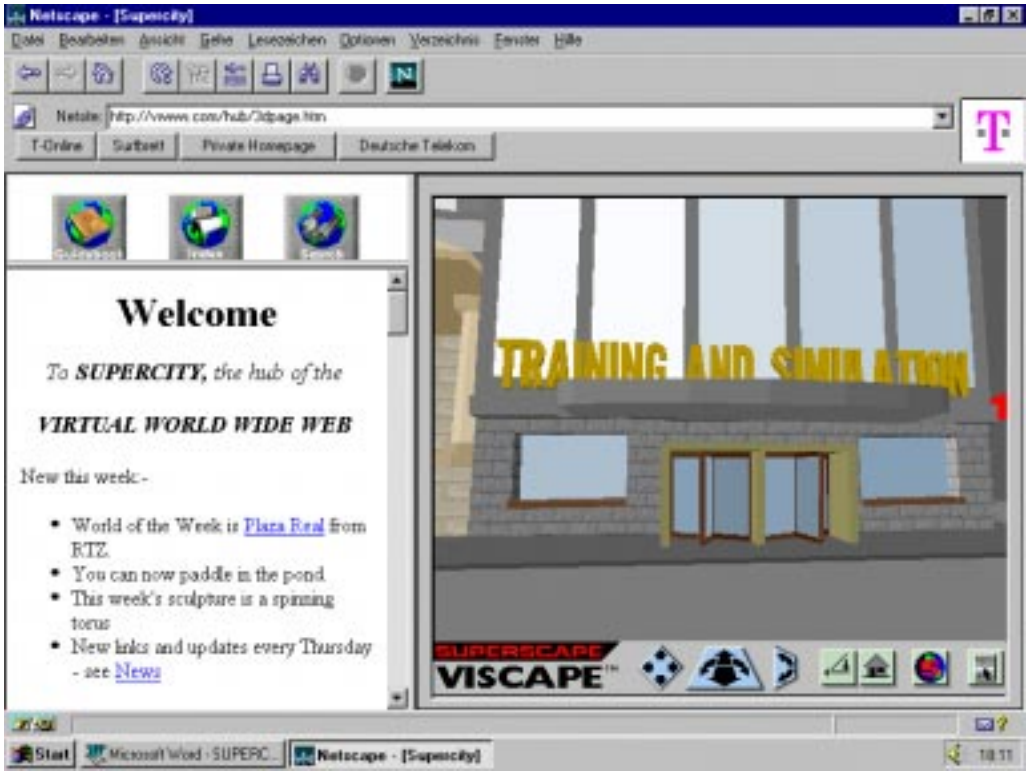


Abb. 1-4: Virtuelles Simulationslabor

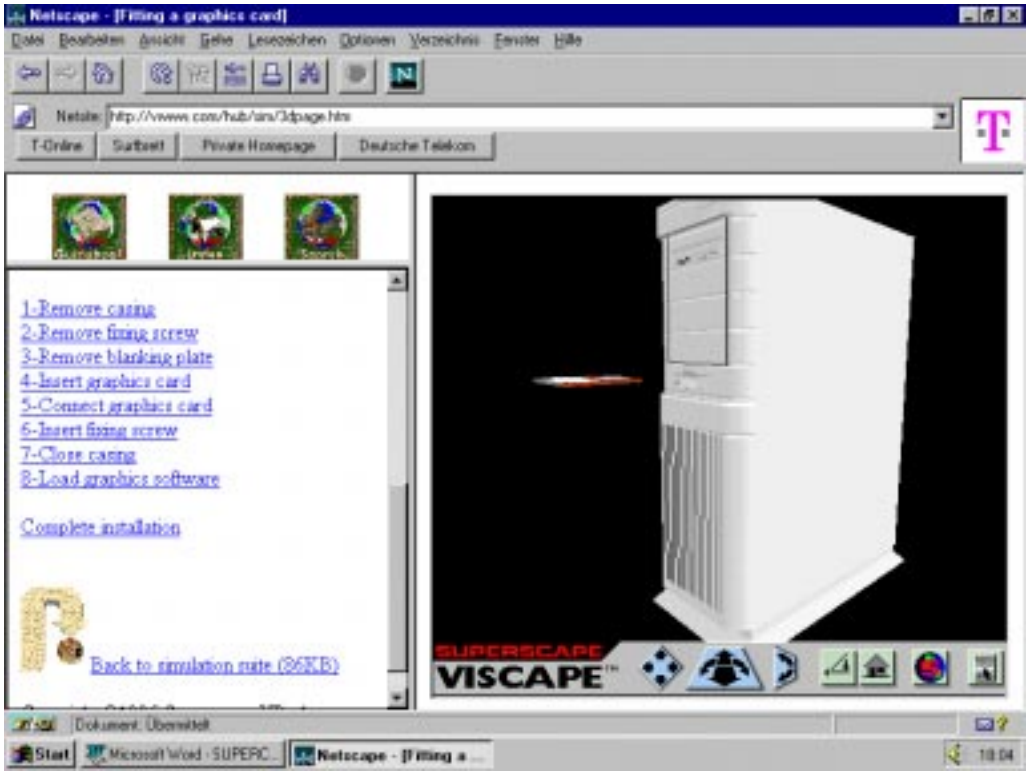


Abb. 1-5: Montagesimulation 1

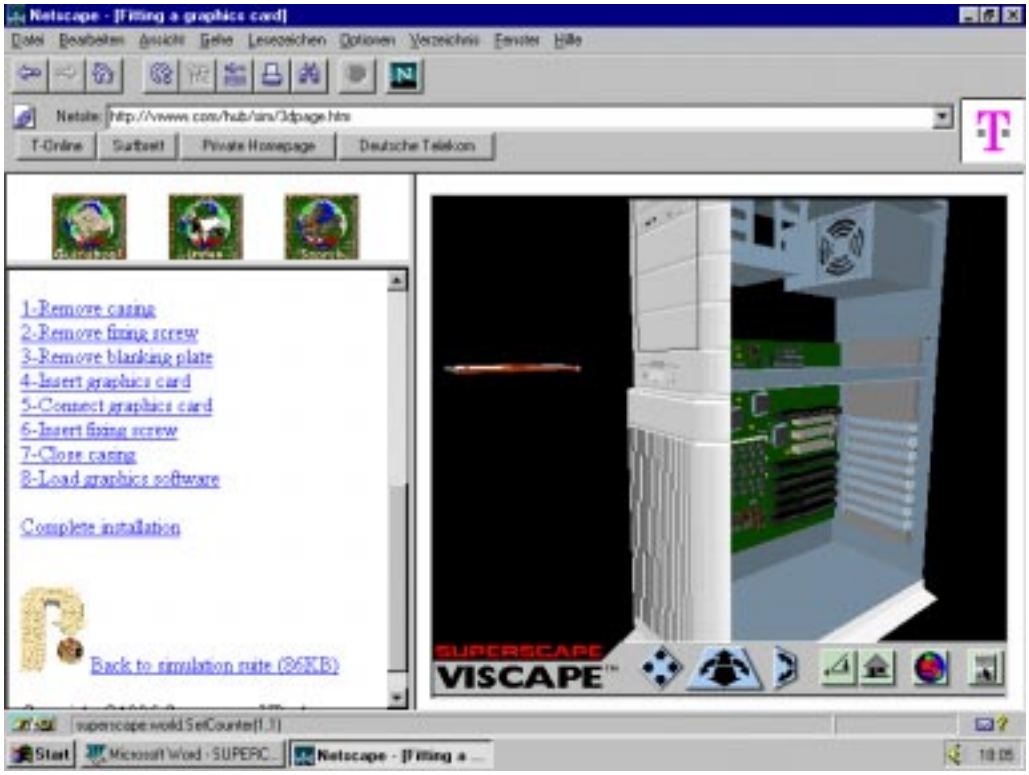


Abb. 1-6: Montagesimulation 2

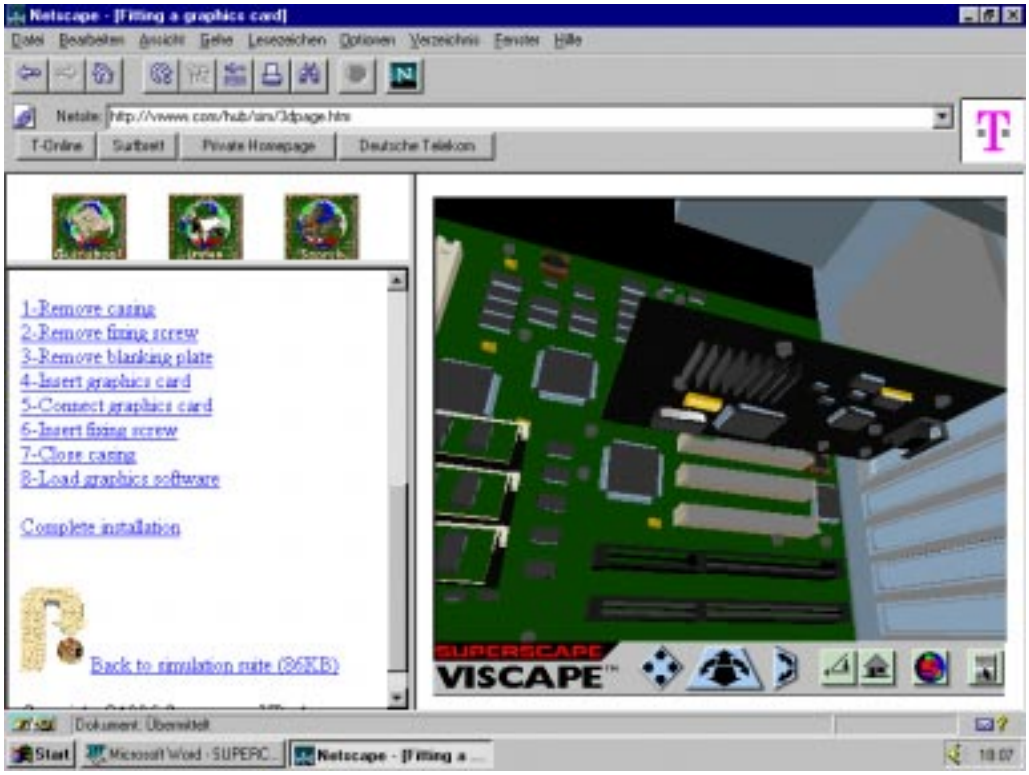


Abb. 1-7: Montagesimulation 3

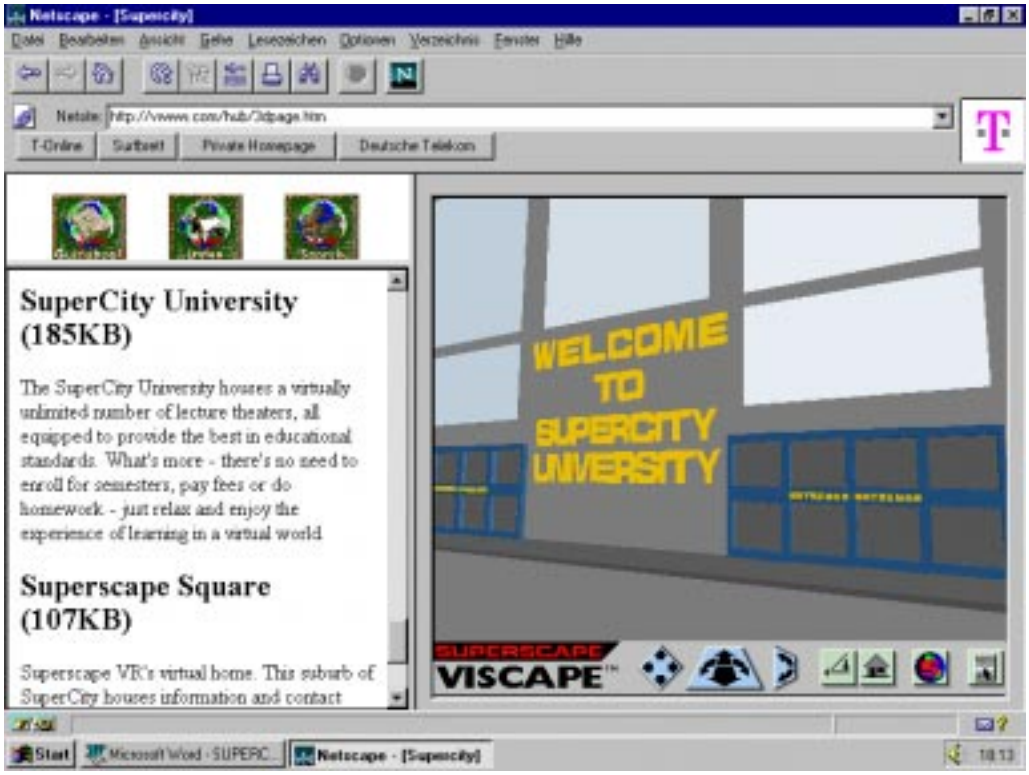


Abb. 1-8: Virtuelle Universität

Abb. 1-9: Virtuelle Vorlesung

1.2.3. Forschungen zur Gegenständlichkeit

Erkenntnisse aus diesem Modellversuch und betrieblichen Simulationsprojekten, die wir in artec durchführten, motivierten uns für das Konzept des gegenständlichen Modellierens mit dem Rechner im Rücken (vgl. Bruns 1993). Hierbei handelt es sich um eine direkte, permanente Verbindung zwischen Virtualität und Realität. Im Gegensatz zum *Virtual Reality* Ansatz, bei dem Wirklichkeit im Rechner zu verschwinden droht, bezeichnen wir unser Konzept als *Real Reality* Ansatz. Über Mustererkennungsverfahren werden alle Handhabungen der Lernenden bzw Modellierenden an einem realen Gerät oder Modell benutzt, um synchron zur Wirklichkeitsveränderung eine virtuelle Welt aufzubauen oder zu verändern (Abb. 1-10 bis Abb. 1-13). Dieser Ansatz bietet vielfältige didaktische Möglichkeiten, wie:

- die Überprüfung von Praxis und implementierter Theorie (Validierung),
- die Überprüfung von implementierter Theorie und Theorie (Verifikation),

- die Theoriebildung durch Ursache (Hand) - Wirkungs (Objekt) - Analyse,
- die nichtverbale Kommunikation, Systemspezifikation und Steuerung,
- die anschauliche, begreifbare Erfahrung dynamischer paralleler Abläufe.

Er wirft Fragen auf nach den Problemen und Erkenntnisobjekten, die Gegenständlichkeit verlangen und denen, für die Gegenständlichkeit hinderlich ist. Sind unsere Gedanken, auch die abstraktesten, gebunden an Gegenständlichkeit? Ist der abstrakte, mathematische Raum, wie ihn Carnap (1922) in Abgrenzung zum anschaulichen und physischen Raum beschreibt nicht auch einer, der Begriffe verwendet, hinter denen sich an Gegenständen orientierte Erfahrungen verbergen, wie das Sortieren, das Vergleichen, das Trennen, das Verbinden usw.? Welche Bedeutung hat Gegenständlichkeit für das Durchdringen komplexer technischer Zusammenhänge? (vgl. Bruns 1997).

Unser Ansatz, der inzwischen zu ersten Prototypen geführt hat (vgl. Brauer 1996), bekommt in der Forschungslandschaft der Modelltheorie und -praxis einen besonderen Stellenwert, seitdem auch andere, einflußreichere Institutionen dieser Orientierung zur Gegenständlichkeit bzw. zum physikalischen Raum folgen, wie das MediaLab vom MIT mit den *Tangible Projects* (vgl. MIT 1996), das Europäische Informationstechnik Programm ESPRIT mit seinem neuesten Projekt I^3 (Intelligence-Information-Interface), bei denen es ebenfalls ausdrücklich um eine Alternative zum Verschwinden in der Virtualität geht. Man kann diese Entwicklungen als konsequente Fortsetzung einer lang anhaltenden wissenschaftlichen Auseinandersetzung verstehen, die wir in der Mediendidaktik um die Frage geführt haben*: Simulator, Modellmaschine oder Realmaschine?* und die zu Produkten wie der offenen Modellfräsmaschine mit Simulationsanbindung (vgl. Bruns 1983) oder dem didaktisch orientierten CNC-Umrüstsatz für konventionelle Werkzeugmaschinen (vgl. Frede / Hoppe 1995) anregte.

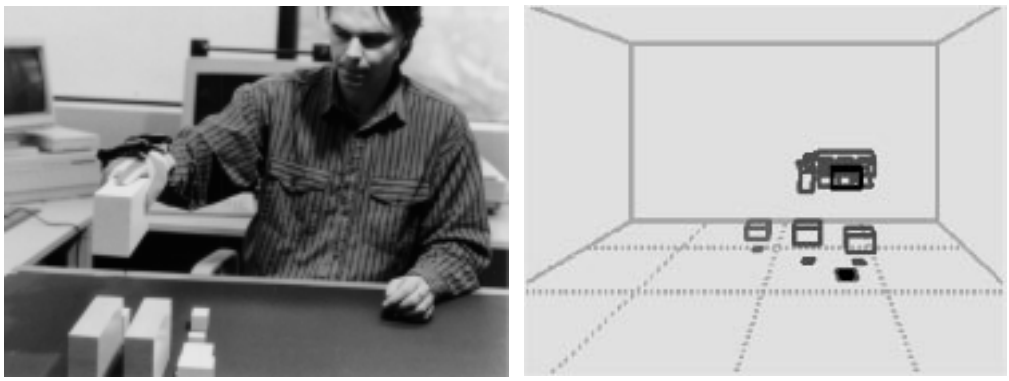


Abb. 1-10: Modellieren im Gegenständlichen und im Virtuellen

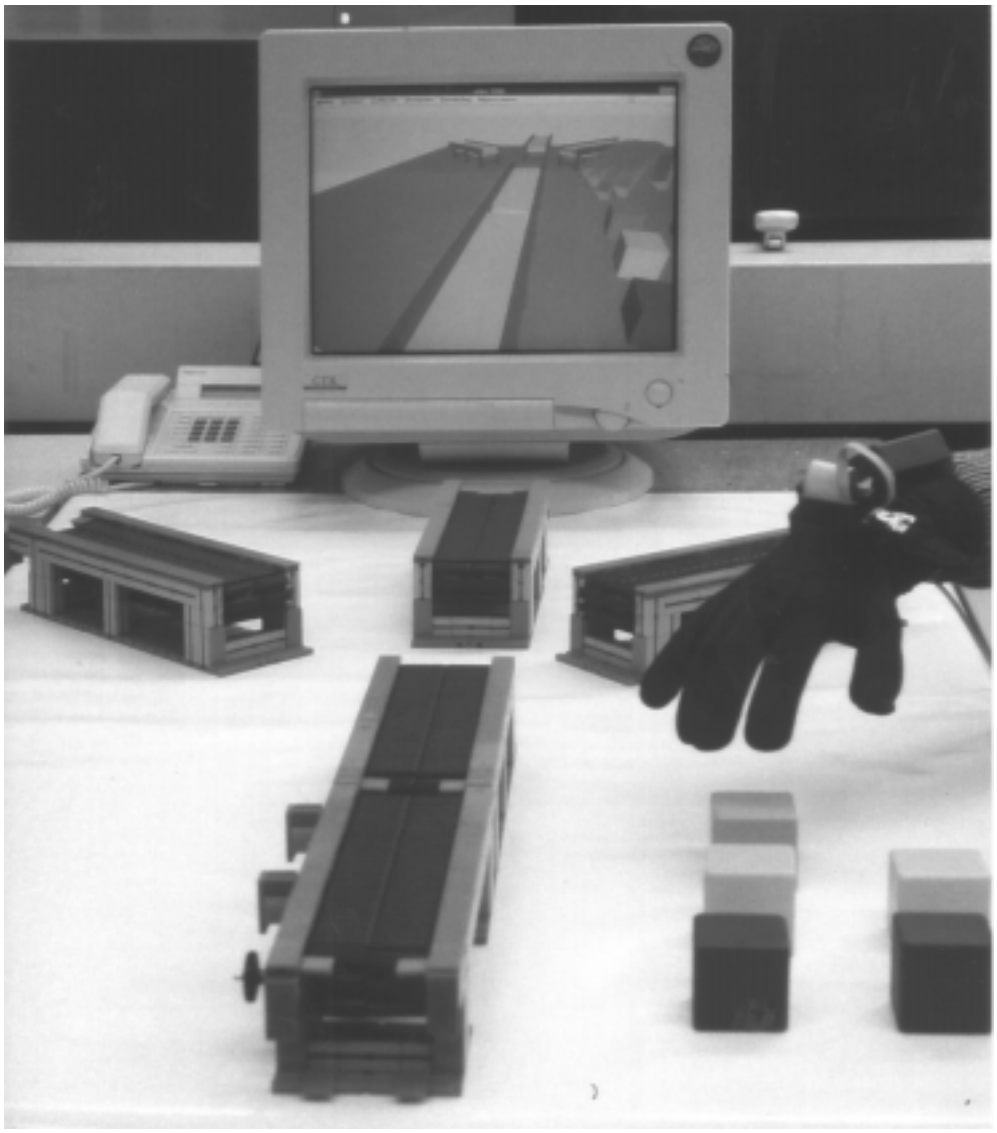


Abb. 1-11: Systemspezifikation durch gegenständliches Vormachen

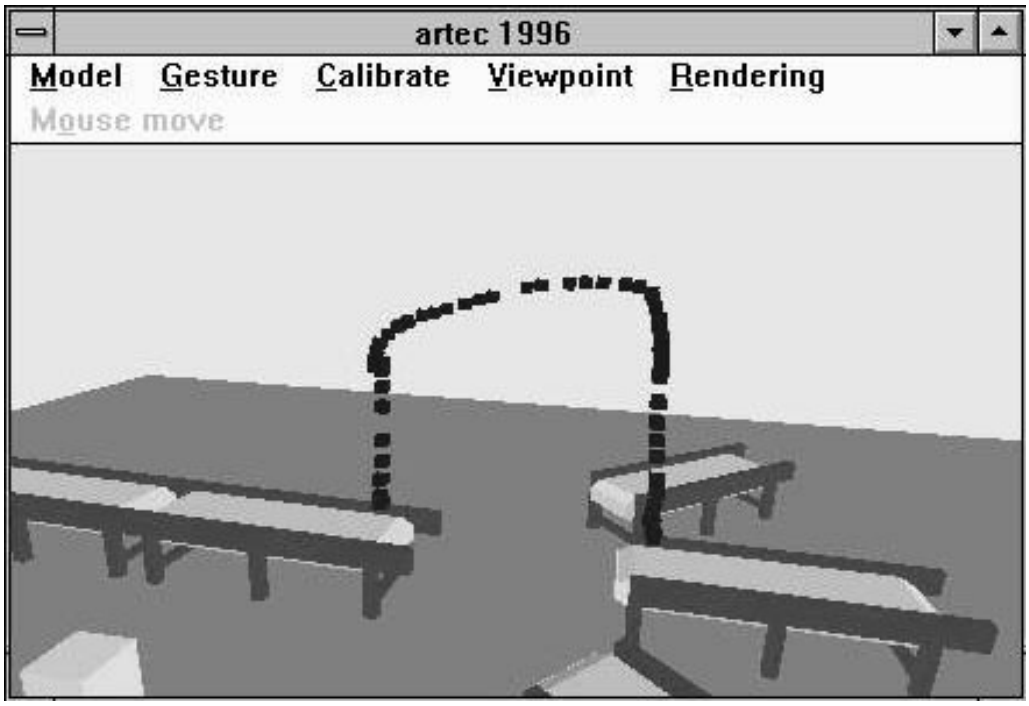


Abb. 1-12: Record-Play-Back des Vorgemachten

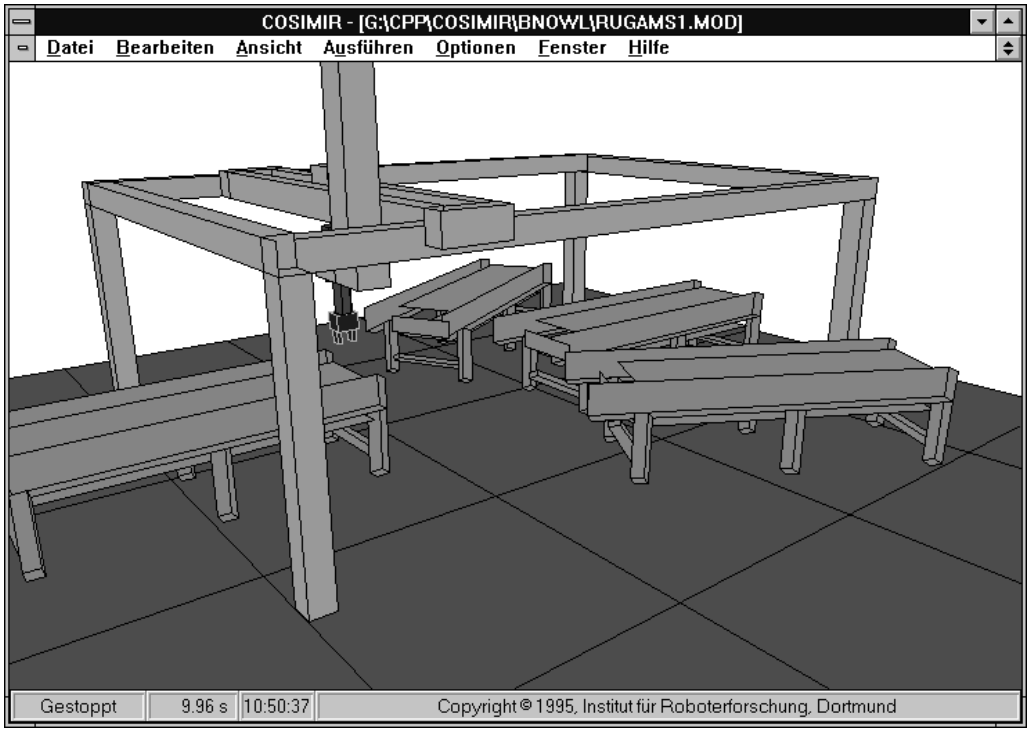


Abb. 1-13: Generierung symbolischer Steuerungsprogramme und deren Test am Simulator

1.3. Schlußbetrachtung

Die wissenschaftliche Erkenntnis im Sinne einer Theoriebildung zum didaktischen Medium *HyperSimulation* konnte im Modellversuch erheblich ausgebaut werden. Wir erhielten empirische Ergebnisse zu folgenden Fragen: didaktische Wirksamkeit von Hypermedien, Integration von Hypermedia und Simulation, Möglichkeiten und Grenzen der Gestaltung von hypermedialer Software, Antworten zu Fragen der Kombination von Realsystemen und Simulatoren. Ein konzeptuell entfaltetes und empirisch überprüftes Mehrebenen-Konzept (modelltheoretische u. lernpsychologische Aspekte der Mehrebenensimulation) wurde nur in Ansätzen dargestellt. Eine Auseinandersetzung mit ähnlichen Konzepten (vgl. z.B. Fishwick 1995) soll in weiteren Arbeiten vertieft werden. Die Fehlversuche, Experimente, Erfahrungen, die gemacht wurden, sind m.E. derzeit wichtiger als eine verfrühte Verallgemeinerung und Strukturierung zur Theorie. Bemerkenswert und sehenswert finde ich die praktischen Ergebnisse:

- ein Baukasten interessanter Hypermediamodule, die eingehen werden in die schulische Praxis und in weitere Forschungsprojekte (Leonardo und BeNet[2]),
- ein Konzept für eine neue Umgangsform mit Rechnern, RealReality, das bereits auf großes Interesse der wissenschaftlichen Fachwelt gestoßen ist (3 DFG Förderungen).

Diese Ergebnisse waren nur möglich dank der überwältigenden Motivation und des Einsatzes der Kollegen in den Schulen, dank Dieter Müllers unermüdlicher Vermittlung zwischen Wissenschaft, Schulpraxis und Verwaltung, Achim Heimbuchers künstlerischer Beratung und Eckhard Meiers Umsetzung, dank einer ungewohnt unbürokratischen und inhaltlich orientierten Kooperation mit den Vertretern der Behörde Dr. Rolf Möhlenbrock und Jürgen Steenbock und nicht zuletzt dank der unkomplizierten großzügigen Förderung durch das Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie.

---

2 *Leonardo* ist ein Förderprogramm der Europäischen Union. *BeNet* ist ein BLK-Modellversuch zum Thema "Berufliche Bildung und internationale Datennetze".

1.4. Literatur

Brauer, V. (1996): Simulation Model Design in Physical Environments. ACM SIGGRAPH, Computer Graphics, Vol. 30, No. 4, November 1996, S. 55/56.

Brauer, V., Bruns, F.W. (1996): Bridging the Gap between Real and Virtual Modeling - A new Approach to Human-Computer-Interaction -. Proc. of IFIP 5.10 Workshop on Virtual Prototyping, May 4-6 1996, Arlington Tx, USA.

Bruns, F. W. (1983): CNC-Steuerung einer Mini-Fräsmaschine. C+S, Berlin

Bruns, F. W. (1993): Zur Rückgewinnung von Sinnlichkeit - Eine neue Form des Umgangs mit Rechnern. Technische Rundschau Heft 29/30, S. 14-18

Bruns, F. W. (1997): Sinnlichkeit in der Technigestaltung und -handhabung - Ein konstruktiver Ansatz. In C. Schachtner (Hrsg): Technik und Subjektiviät. Suhrkamp

Bruns, F. W., Heimbucher, A., Müller, D. (1993): Ansätze einer erfahrungsorientierten Gestaltung von Rechnersystemen für die Produktion. artec-Paper 21, Bremen

Carnap, R. (1922): Der Raum. Kant-Studien, Ergänzungsheft Nr. 56, Topos Verlag

Fishwick, P. A. (1995): Simulation Model Design and Execution: Building Digital Worlds. Englewood Cliffs, New Jersey

Frede, W. / Hoppe, M. (1997): Eine Einführung in die Problematik der facharbeitergerechten Modernisierung von Werkzeugmaschinen. In: Schlausch, R.(1997): Arbeiten und Lernen mit facharbeitergerechten Drehmaschinen, Bremen, S. IX-XX.

Hartge, T. / Melchior, E.-M. / Pausch, R. (1996): Multimedia in der betrieblichen Weiterbildung. QUEM Report Heft 41/Teil 1, S. 158 ff

Heydenreich, H. / Dibner, B. / Reti, L. (1980): Leonardo der Erfinder. Stuttgart und Zürich

Hoppe, M./ Schulz, H.-D. (1995): Handlungslernen - ein sinnstiftendes, lernorganisatorisches Konzept. In: Zeitschrift Berufsbildung, Heft 31, Februar 1995, S. 3-7

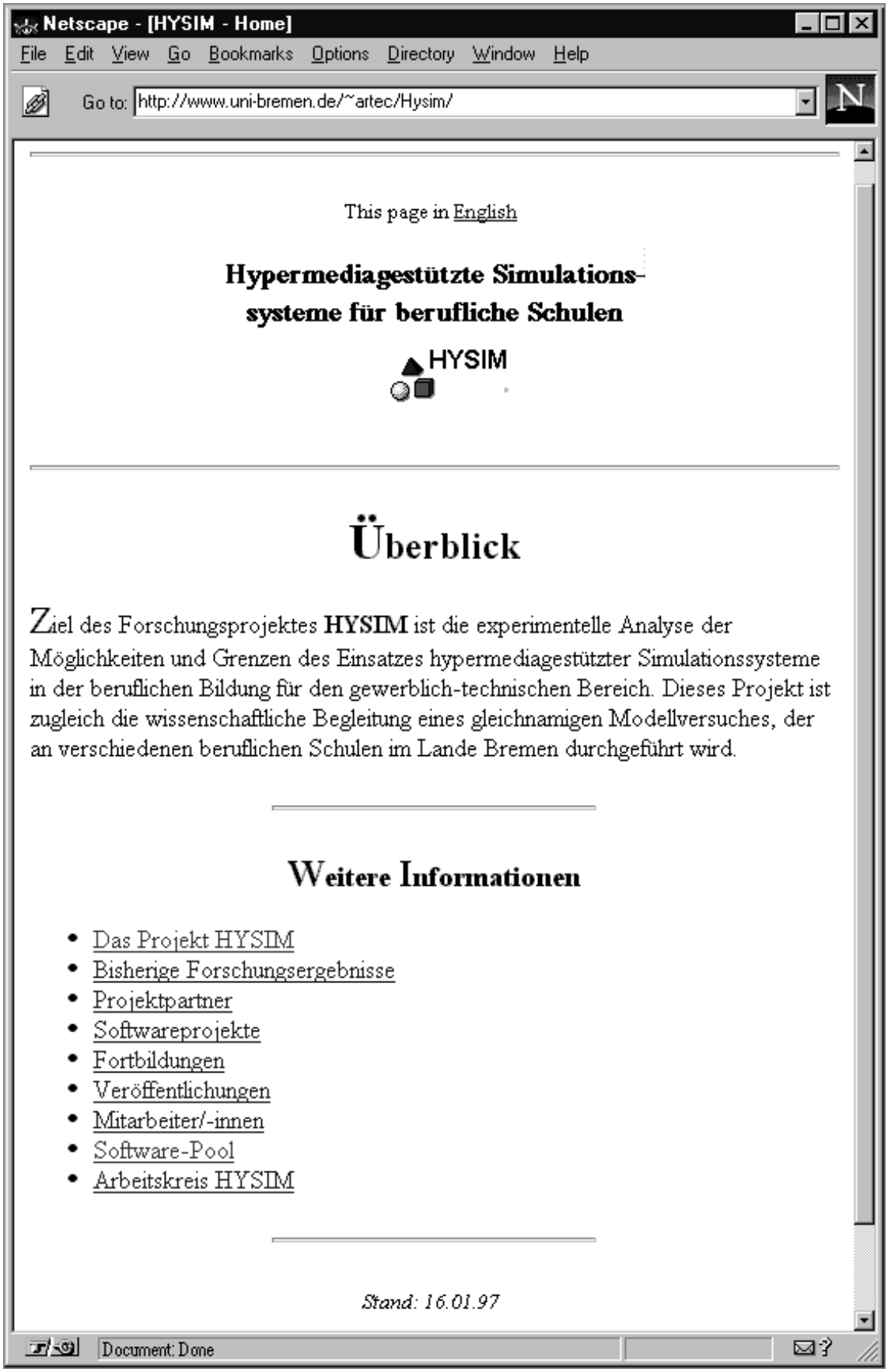
MIT (1996): Tangible Media Group / MIT Media Lab. Weitere Informationen: http://tangible.www.media.mit.edu/groups/tangible/

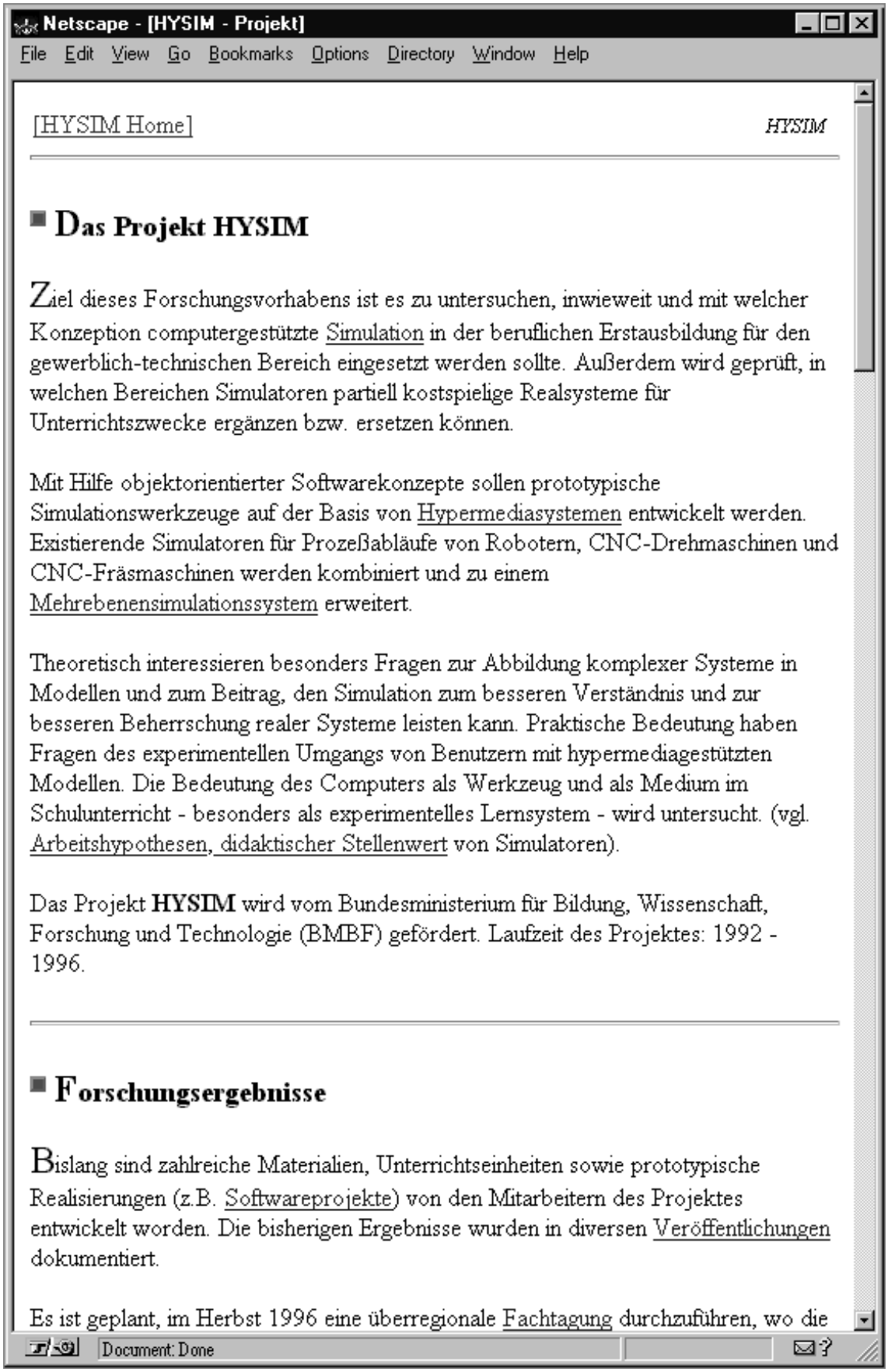
Piaget, J. (1959): La formation du symbole chez l'enfant. Imitation, jeu et rêve - Image et representation. Neuchâtel

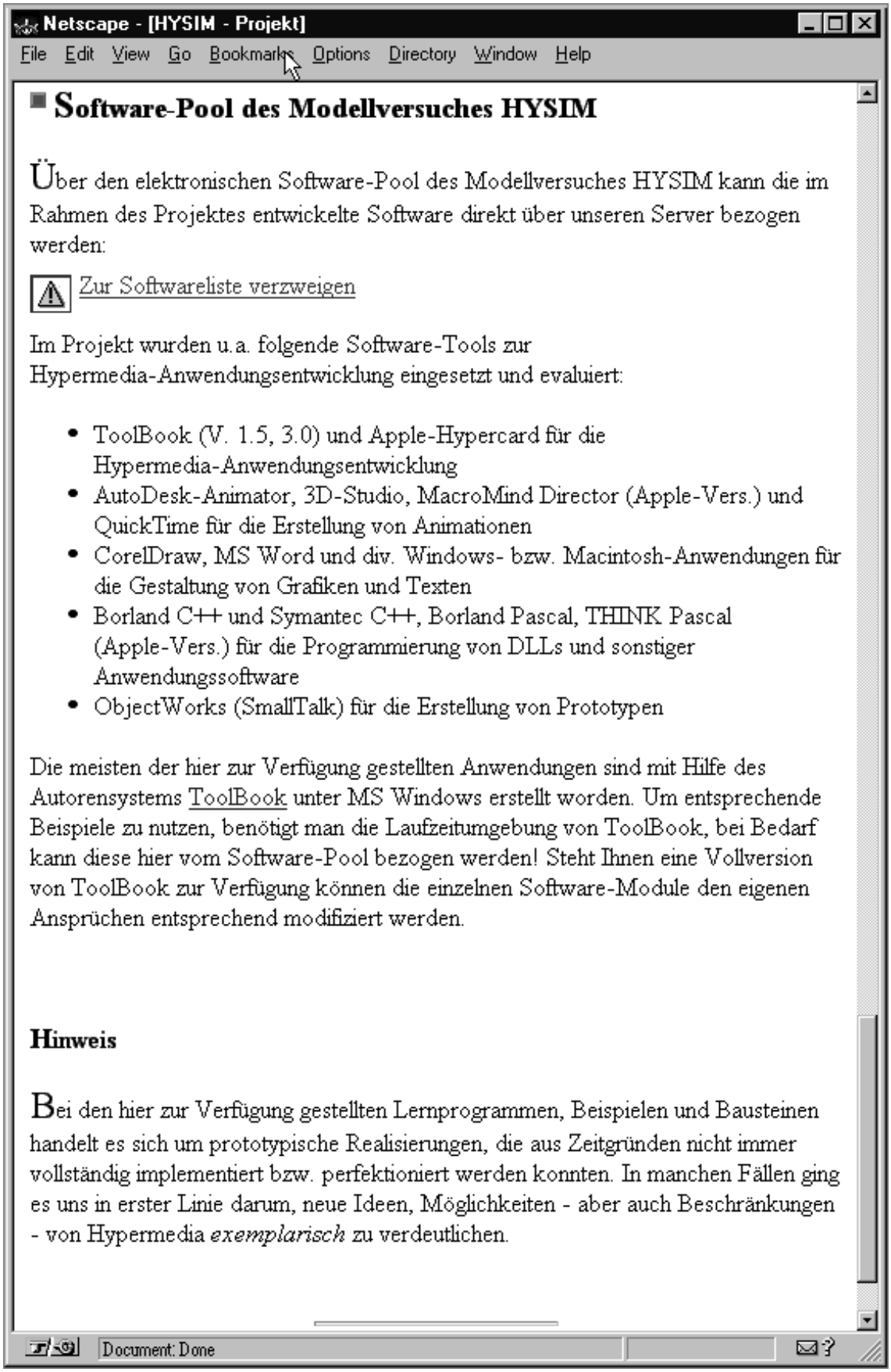
Rockwell, R. (1996): Infrastructure and Architecture for Cyberspace Communities. In: Computer Graphics. Vol. 30 #4 November 1996. pp 19-24

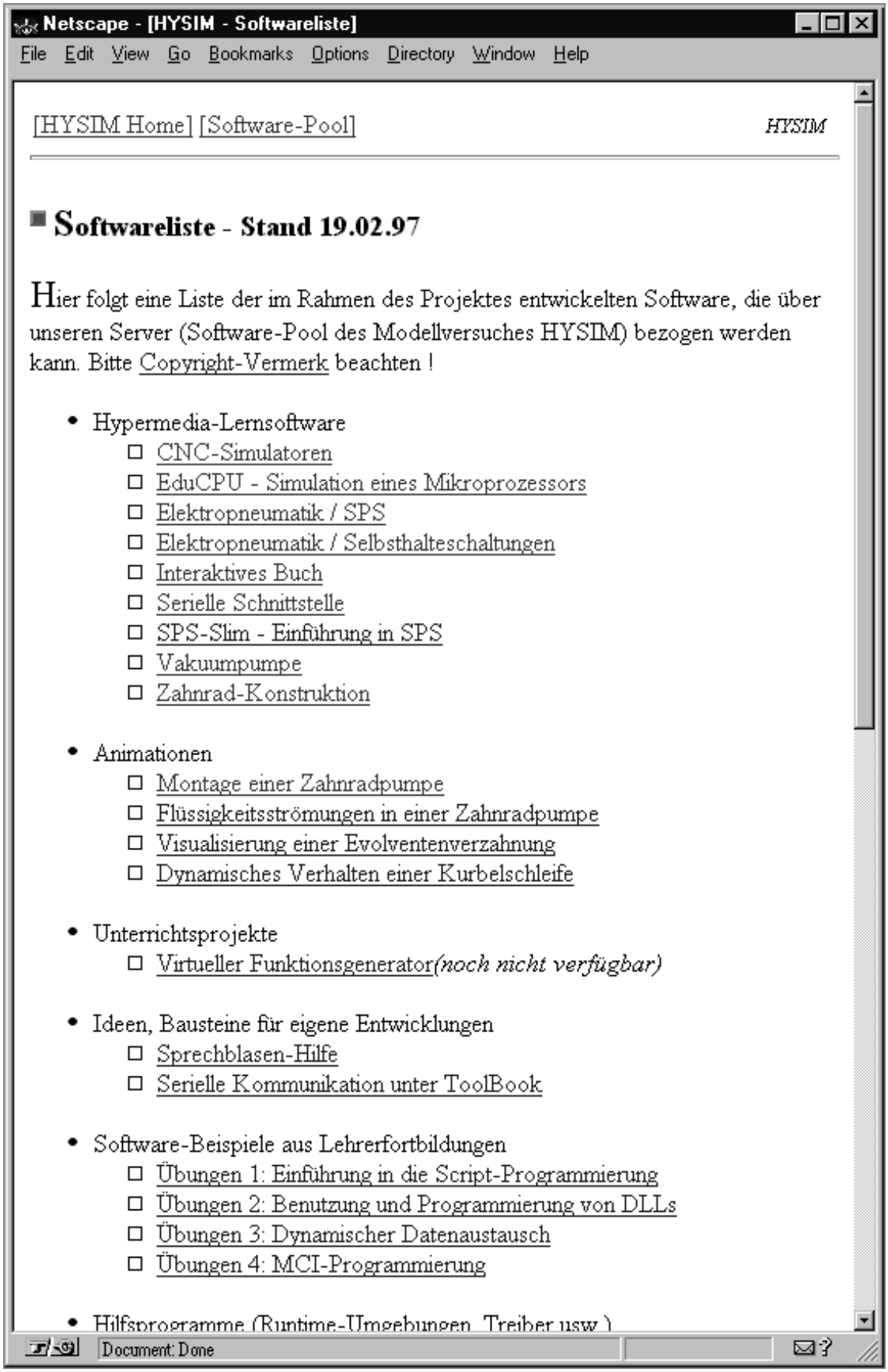
Supercity: Virtual World Wide Web. URL: http://vwww.com/hub/

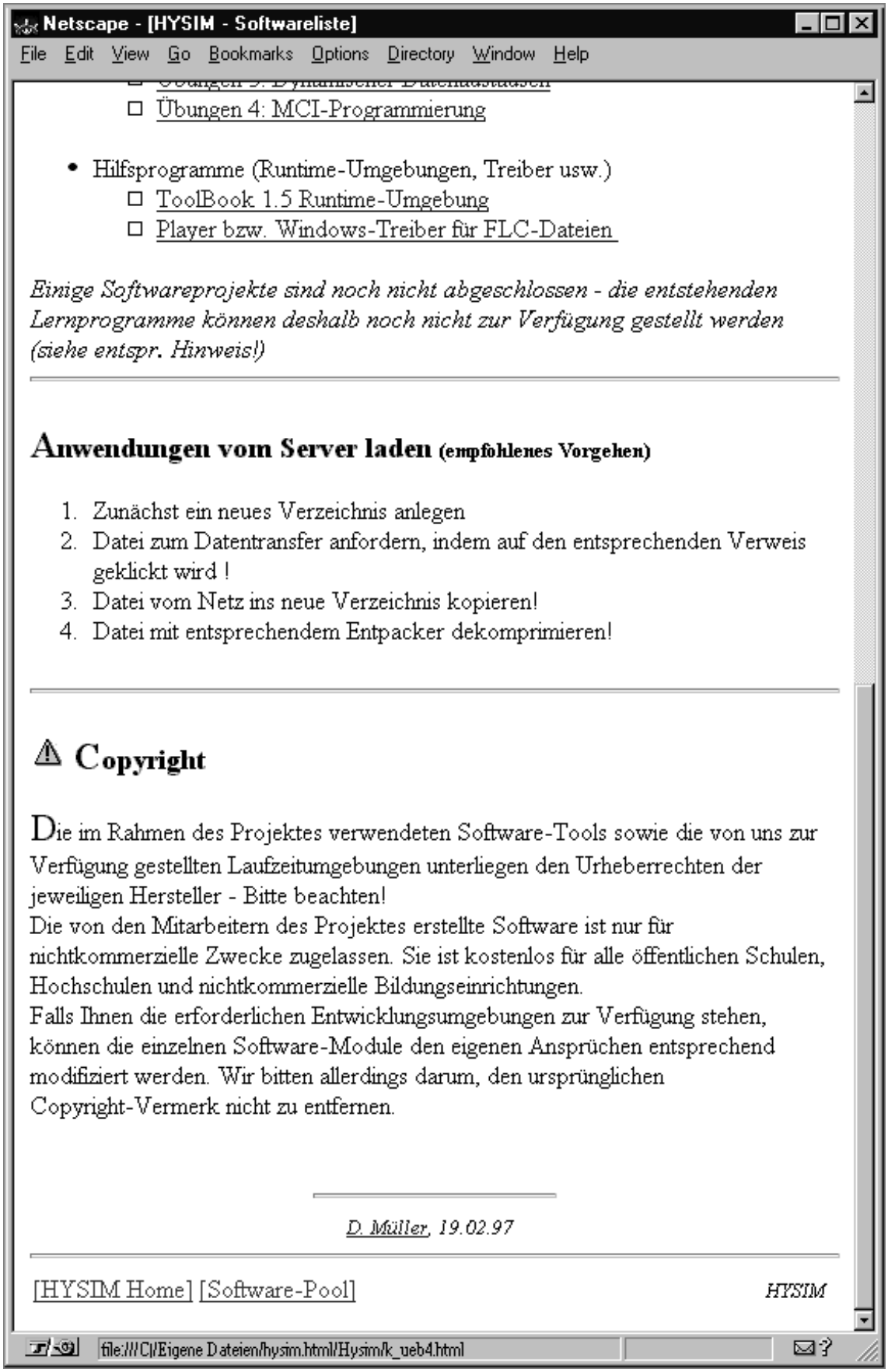
Anhang: Präsentation des Modellversuches HYSIM im Internet


Netscape - [HYSIM - Home]
File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help
Go to: http://www.uni-bremen.de/~artec/Hysim/
This page in English
Hypermediagestützte Simulations-systeme für berufliche Schulen
HYSIM
Überblick
Ziel des Forschungsprojektes HYSIM ist die experimentelle Analyse der Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes hypermediagestützter Simulationssysteme in der beruflichen Bildung für den gewerblich-technischen Bereich. Dieses Projekt ist zugleich die wissenschaftliche Begleitung eines gleichnamigen Modellversuches, der an verschiedenen beruflichen Schulen im Lande Bremen durchgeführt wird.
Weitere Informationen
Das Projekt HYSIM
Bisherige Forschungsergebnisse
Projektpartner
Softwareprojekte
Fortbildungen
Veröffentlichungen
Mitarbeiter/-innen
Software-Pool
Arbeitskreis HYSIM
Stand: 16.01.97
Document: Done


Netscape - [HYSIM - Projekt]
File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help
[HYSIM Home]
HYSIM
Das Projekt HYSIM
Ziel dieses Forschungsvorhabens ist es zu untersuchen, inwieweit und mit welcher Konzeption computergestützte Simulation in der beruflichen Erstausbildung für den gewerblich-technischen Bereich eingesetzt werden sollte. Außerdem wird geprüft, in welchen Bereichen Simulatoren partiell kostspielige Realsysteme für Unterrichtszwecke ergänzen bzw. ersetzen können.
Mit Hilfe objektorientierter Softwarekonzepte sollen prototypische Simulationswerkzeuge auf der Basis von Hypermediasystemen entwickelt werden. Existierende Simulatoren für Prozeßabläufe von Robotern, CNC-Drehmaschinen und CNC-Fräsmaschinen werden kombiniert und zu einem Mehrebenensimulationssystem erweitert.
Theoretisch interessieren besonders Fragen zur Abbildung komplexer Systeme in Modellen und zum Beitrag, den Simulation zum besseren Verständnis und zur besseren Beherrschung realer Systeme leisten kann. Praktische Bedeutung haben Fragen des experimentellen Umgangs von Benutzern mit hypermediagestützten Modellen. Die Bedeutung des Computers als Werkzeug und als Medium im Schulunterricht - besonders als experimentelles Lernsystem - wird untersucht. (vgl. Arbeitshypothesen, didaktischer Stellenwert von Simulatoren).
Das Projekt HYSIM wird vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) gefördert. Laufzeit des Projektes: 1992 - 1996.
Forschungsergebnisse
Bislang sind zahlreiche Materialien, Unterrichtseinheiten sowie prototypische Realisierungen (z.B. Softwareprojekte) von den Mitarbeitern des Projektes entwickelt worden. Die bisherigen Ergebnisse wurden in diversen Veröffentlichungen dokumentiert.
Es ist geplant, im Herbst 1996 eine überregionale Fachtagung durchzuführen, wo die
Document: Done


Netscape - [HYSIM - Projekt]
File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help
Software-Pool des Modellversuches HYSIM
Über den elektronischen Software-Pool des Modellversuches HYSIM kann die im Rahmen des Projektes entwickelte Software direkt über unseren Server bezogen werden:
Zur Softwareliste verzweigen
Im Projekt wurden u.a. folgende Software-Tools zur Hypermedia-Anwendungsentwicklung eingesetzt und evaluiert:
ToolBook (V. 1.5, 3.0) und Apple-Hypercard für die Hypermedia-Anwendungsentwicklung
AutoDesk-Animator, 3D-Studio, MacroMind Director (Apple-Vers.) und QuickTime für die Erstellung von Animationen
CorelDraw, MS Word und div. Windows- bzw. Macintosh-Anwendungen für die Gestaltung von Grafiken und Texten
Borland C++ und Symantec C++, Borland Pascal, THINK Pascal (Apple-Vers.) für die Programmierung von DLLs und sonstiger Anwendungssoftware
ObjectWorks (SmallTalk) für die Erstellung von Prototypen
Die meisten der hier zur Verfügung gestellten Anwendungen sind mit Hilfe des Autorensystems ToolBook unter MS Windows erstellt worden. Um entsprechende Beispiele zu nutzen, benötigt man die Laufzeitumgebung von ToolBook, bei Bedarf kann diese hier vom Software-Pool bezogen werden! Steht Ihnen eine Vollversion von ToolBook zur Verfügung können die einzelnen Software-Module den eigenen Ansprüchen entsprechend modifiziert werden.
Hinweis
Bei den hier zur Verfügung gestellten Lernprogrammen, Beispielen und Bausteinen handelt es sich um prototypische Realisierungen, die aus Zeitgründen nicht immer vollständig implementiert bzw. perfektioniert werden konnten. In manchen Fällen ging es uns in erster Linie darum, neue Ideen, Möglichkeiten - aber auch Beschränkungen - von Hypermedia exemplarisch zu verdeutlichen.
Document: Done


Netscape - [HYSIM - Softwareliste]
File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help
[HYSIM Home] [Software-Pool]
HYSIM
Softwareliste - Stand 19.02.97
Hier folgt eine Liste der im Rahmen des Projektes entwickelten Software, die über unseren Server (Software-Pool des Modellversuches HYSIM) bezogen werden kann. Bitte Copyright-Vermerk beachten !
Hypermedia-Lernsoftware
CNC-Simulatoren
EduCPU - Simulation eines Mikroprozessors
Elektropneumatik / SPS
Elektropneumatik / Selbsthalteschaltungen
Interaktives Buch
Serielle Schnittstelle
SPS-Slim - Einführung in SPS
Vakuumpumpe
Zahnrad-Konstruktion
Animationen
Montage einer Zahnradpumpe
Flüssigkeitsströmungen in einer Zahnradpumpe
Visualisierung einer Evolventenverzahnung
Dynamisches Verhalten einer Kurbelschleife
Unterrichtsprojekte
Virtueller Funktionsgenerator(noch nicht verfügbar)
Ideen, Bausteine für eigene Entwicklungen
Sprechblasen-Hilfe
Serielle Kommunikation unter ToolBook
Software-Beispiele aus Lehrerfortbildungen
Übungen 1: Einführung in die Script-Programmierung
Übungen 2: Benutzung und Programmierung von DLLs
Übungen 3: Dynamischer Datenaustausch
Übungen 4: MCI-Programmierung
Hilfsprogramme (Runtime-Umgebungen, Treiber usw.)
Document: Done


Netscape - [HYSIM - Softwareliste]
File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help
Übungen 4: MCI-Programmierung
Hilfsprogramme (Runtime-Umgebungen, Treiber usw.)
ToolBook 1.5 Runtime-Umgebung
Player bzw. Windows-Treiber für FLC-Dateien
Einige Softwareprojekte sind noch nicht abgeschlossen - die entstehenden Lernprogramme können deshalb noch nicht zur Verfügung gestellt werden (siehe entspr. Hinweis!)
Anwendungen vom Server laden (empfohlenes Vorgehen)
1. Zunächst ein neues Verzeichnis anlegen
2. Datei zum Datentransfer anfordern, indem auf den entsprechenden Verweis geklickt wird !
3. Datei vom Netz ins neue Verzeichnis kopieren!
4. Datei mit entsprechendem Entpacker dekomprimieren!
⚠ Copyright
Die im Rahmen des Projektes verwendeten Software-Tools sowie die von uns zur Verfügung gestellten Laufzeitumgebungen unterliegen den Urheberrechten der jeweiligen Hersteller - Bitte beachten!
Die von den Mitarbeitern des Projektes erstellte Software ist nur für nichtkommerzielle Zwecke zugelassen. Sie ist kostenlos für alle öffentlichen Schulen, Hochschulen und nichtkommerzielle Bildungseinrichtungen.
Falls Ihnen die erforderlichen Entwicklungsumgebungen zur Verfügung stehen, können die einzelnen Software-Module den eigenen Ansprüchen entsprechend modifiziert werden. Wir bitten allerdings darum, den ursprünglichen Copyright-Vermerk nicht zu entfernen.
D. Müller, 19.02.97
[HYSIM Home] [Software-Pool]
HYSIM
file:///C|/Eigene Dateien/hysim.html/Hysim/k_ueb4.html

Netscape - [HYSIM - CNCHysim]

File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help

[HYSIM Home] [Softwareliste] *HYSIM*

Programmname
CNCHysim

Autor
Dieter Müller, Uni Bremen
Eckhard Meier, Uni Bremen - (Portierung: Hypercard - ToolBook)

Programmversionen
1. 4.93 (ToolBook 1.5)
2. 0.83 (Hypercard 2.x)

Dateitransfer
1. ToolBook-Version: (Dateigröße: ca. 40 KB gepackt [zip - Datei])
2. Hypercard -Version: (Dateigröße: ca. 40 KB gepackt [hqx - Datei])

Kurzbeschreibung
Ein kleiner CNC Fräs-Simulator, implementiert mit ToolBook und Hypercard. Also etwas für mehrere "Welten". Diese Anwendung ist in der Anfangsphase des Projektes "HYSIM" entstanden.
Bildschirmfoto zeigen: ToolBook- oder Hypercard-Version

Anwendungsgebiete
Metalltechnik, Techn. Informatik, Steuerungstechnik

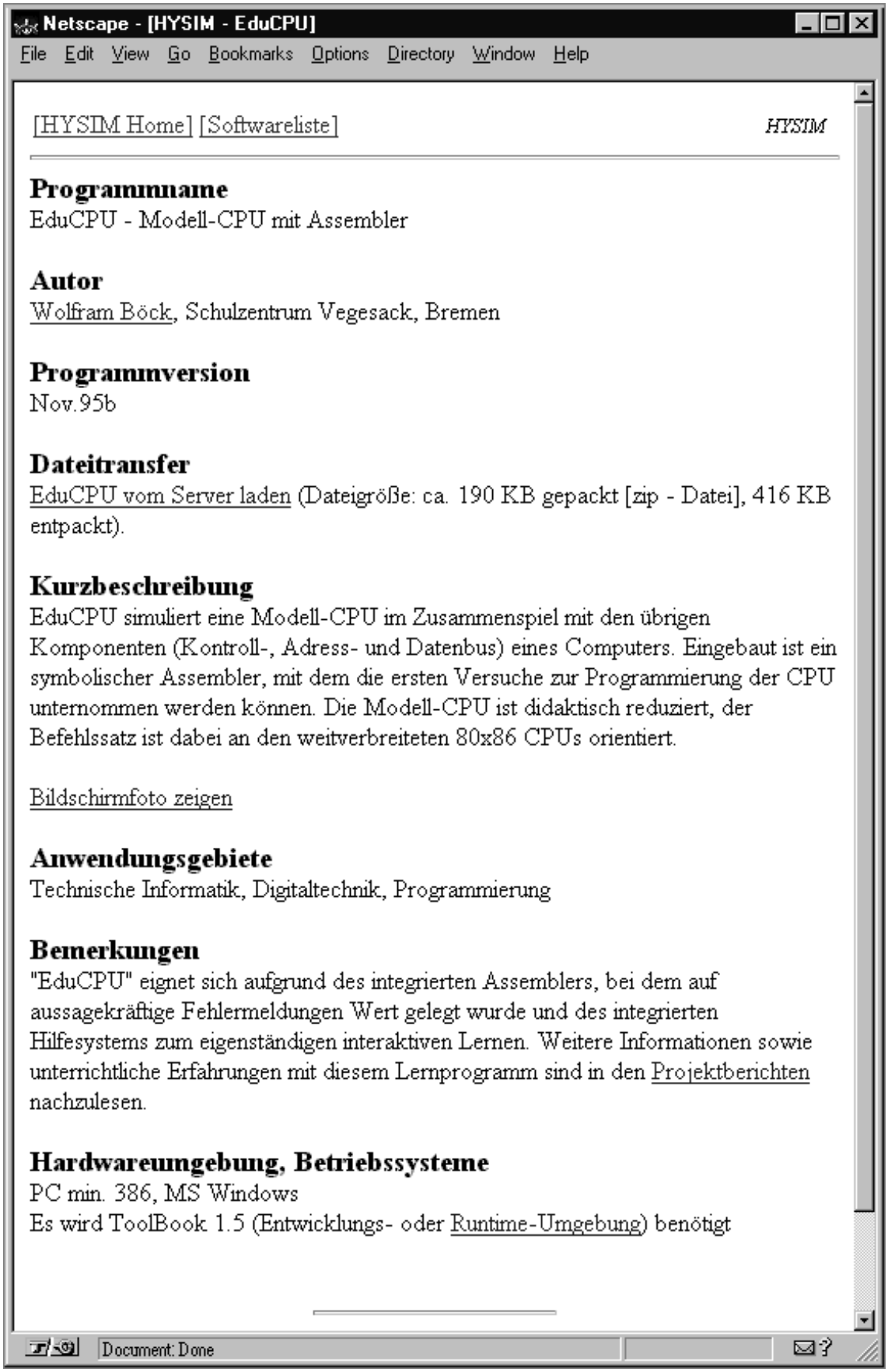
Bemerkungen
In der Hypercard-Version wurde ein CNC-Interpreter mit Hilfe einer XCFN (laden) implementiert.

Hardwareumgebung, Betriebssysteme
1. PC min. 386, MS Windows, ToolBook 1.5 (Entwicklungs- oder Runtime-Umgebung)
2. Apple Macintosh, Hypercard 2.x

D. Müller, 1.12.1995

[HYSIM Home] [Softwareliste] *HYSIM*

Document: Done


Netscape - [HYSIM - EduCPU]

File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help

[HYSIM Home] [Softwareliste] *HYSIM*

Programmname
EduCPU - Modell-CPU mit Assembler

Autor
Wolfram Böck, Schulzentrum Vegesack, Bremen

Programmversion
Nov.95b

Dateitransfer
EduCPU vom Server laden (Dateigröße: ca. 190 KB gepackt [zip - Datei], 416 KB entpackt).

Kurzbeschreibung
EduCPU simuliert eine Modell-CPU im Zusammenspiel mit den übrigen Komponenten (Kontroll-, Adress- und Datenbus) eines Computers. Eingebaut ist ein symbolischer Assembler, mit dem die ersten Versuche zur Programmierung der CPU unternommen werden können. Die Modell-CPU ist didaktisch reduziert, der Befehlssatz ist dabei an den weitverbreiteten 80x86 CPUs orientiert.

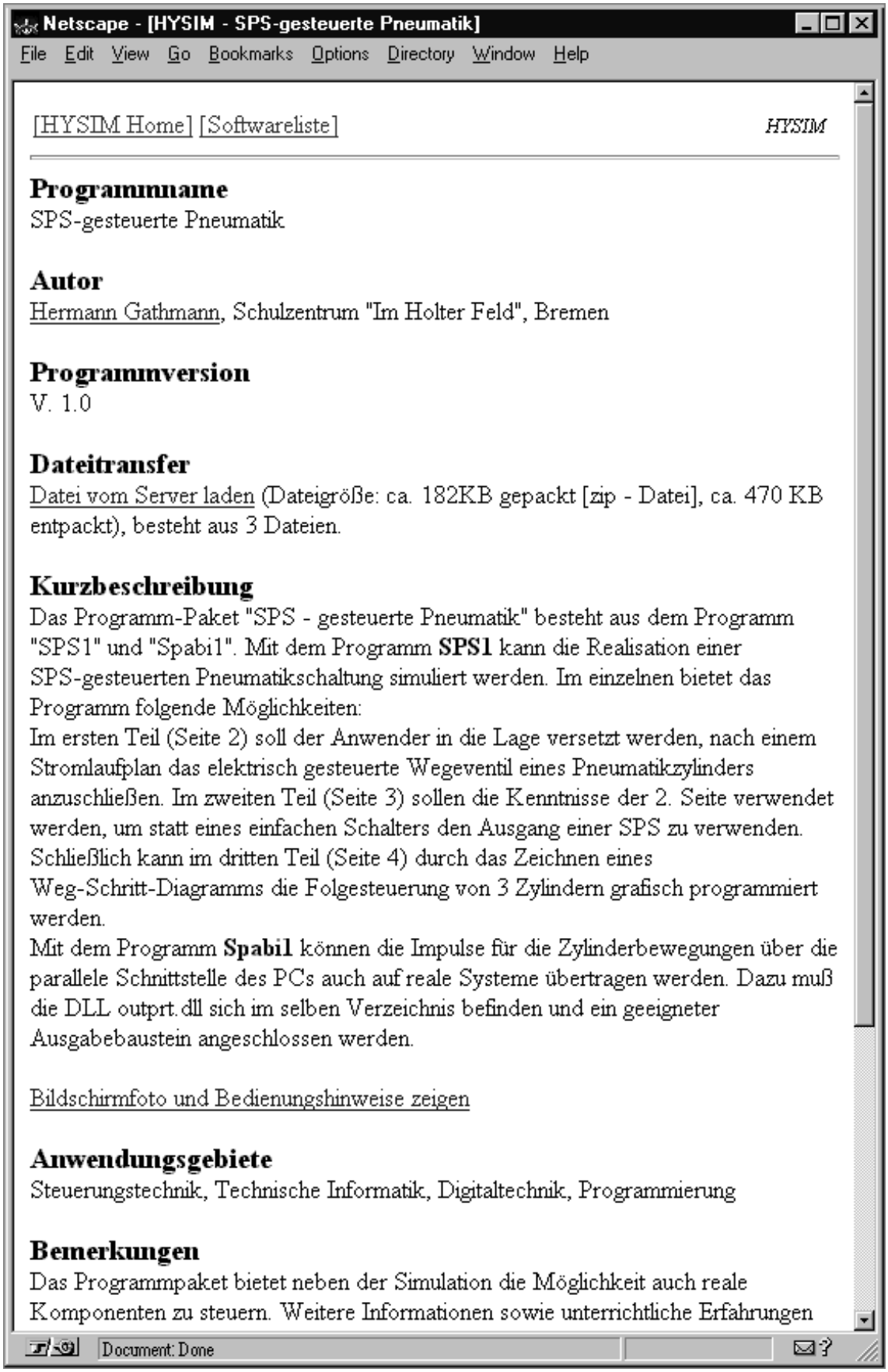
Bildschirmfoto zeigen

Anwendungsgebiete
Technische Informatik, Digitaltechnik, Programmierung

Bemerkungen
"EduCPU" eignet sich aufgrund des integrierten Assemblers, bei dem auf aussagekräftige Fehlermeldungen Wert gelegt wurde und des integrierten Hilfesystems zum eigenständigen interaktiven Lernen. Weitere Informationen sowie unterrichtliche Erfahrungen mit diesem Lernprogramm sind in den Projektberichten nachzulesen.

Hardwareumgebung, Betriebssysteme
PC min. 386, MS Windows
Es wird ToolBook 1.5 (Entwicklungs- oder Runtime-Umgebung) benötigt

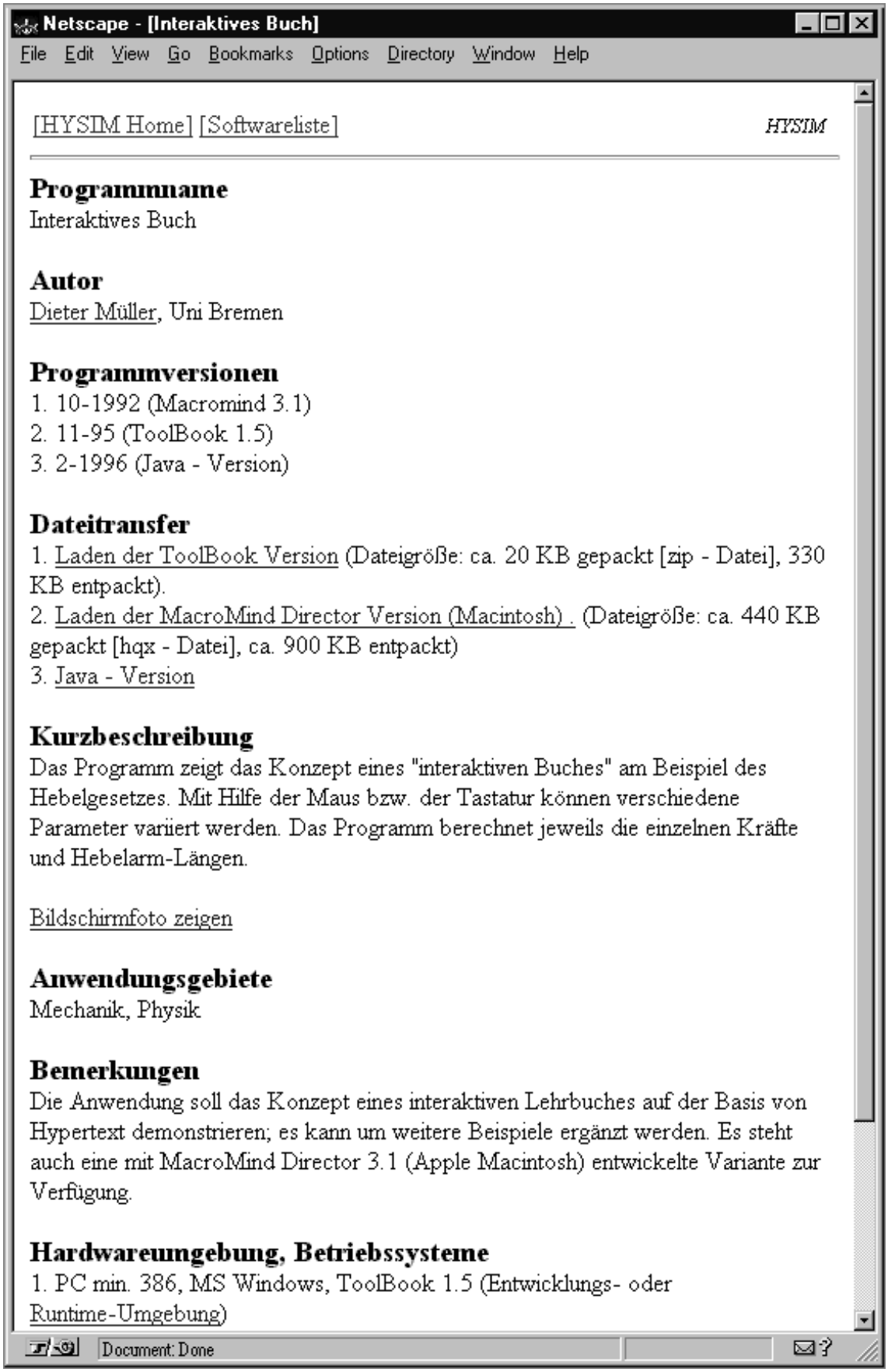
Document: Done


Netscape - [HYSIM - SPS-gesteuerte Pneumatik]
File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help
[HYSIM Home] [Softwareliste] HYSIM
Programmname
SPS-gesteuerte Pneumatik
Autor
Hermann Gathmann, Schulzentrum "Im Holter Feld", Bremen
Programmversion
V. 1.0
Dateitransfer
Datei vom Server laden (Dateigröße: ca. 182KB gepackt [zip - Datei], ca. 470 KB entpackt), besteht aus 3 Dateien.
Kurzbeschreibung
Das Programm-Paket "SPS - gesteuerte Pneumatik" besteht aus dem Programm "SPS1" und "Spabi1". Mit dem Programm SPS1 kann die Realisation einer SPS-gesteuerten Pneumatikschaltung simuliert werden. Im einzelnen bietet das Programm folgende Möglichkeiten:
Im ersten Teil (Seite 2) soll der Anwender in die Lage versetzt werden, nach einem Stromlaufplan das elektrisch gesteuerte Wegeventil eines Pneumatikzylinders anzuschließen. Im zweiten Teil (Seite 3) sollen die Kenntnisse der 2. Seite verwendet werden, um statt eines einfachen Schalters den Ausgang einer SPS zu verwenden. Schließlich kann im dritten Teil (Seite 4) durch das Zeichnen eines Weg-Schritt-Diagramms die Folgesteuerung von 3 Zylindern grafisch programmiert werden.
Mit dem Programm Spabil können die Impulse für die Zylinderbewegungen über die parallele Schnittstelle des PCs auch auf reale Systeme übertragen werden. Dazu muß die DLL outprt.dll sich im selben Verzeichnis befinden und ein geeigneter Ausgabebaustein angeschlossen werden.
Bildschirmfoto und Bedienungshinweise zeigen
Anwendungsgebiete
Steuerungstechnik, Technische Informatik, Digitaltechnik, Programmierung
Bemerkungen
Das Programmpaket bietet neben der Simulation die Möglichkeit auch reale Komponenten zu steuern. Weitere Informationen sowie unterrichtliche Erfahrungen
Document: Done

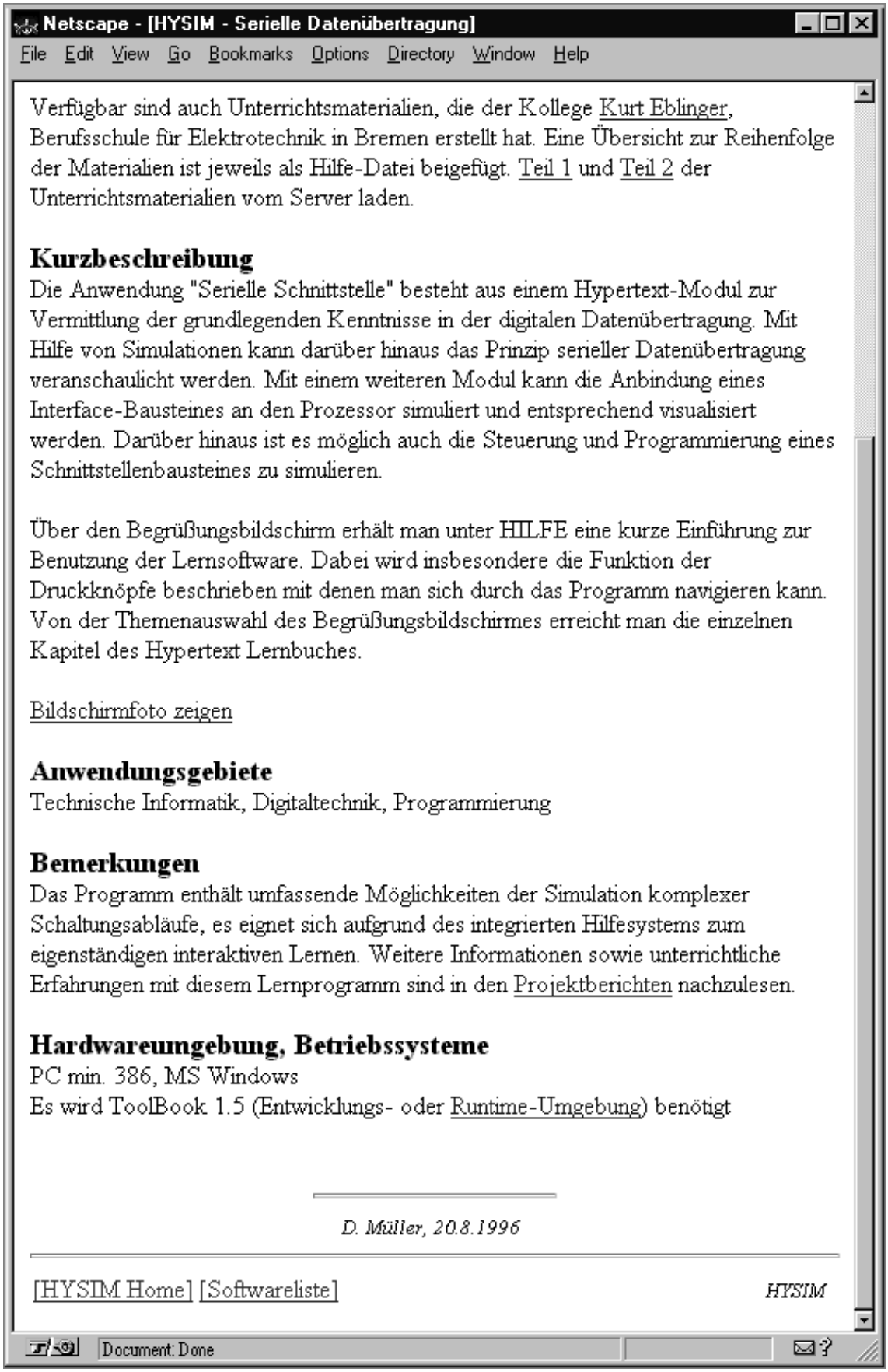
Netscape - [HYSIM - SPS-gesteuerte Pneumatik]
File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help
Dateitransfer
Datei vom Server laden (Dateigröße: ca. 182KB gepackt [zip - Datei], ca. 470 KB entpackt), besteht aus 3 Dateien.
Kurzbeschreibung
Das Programm-Paket "SPS - gesteuerte Pneumatik" besteht aus dem Programm "SPS1" und "Spabi1". Mit dem Programm SPS1 kann die Realisation einer SPS-gesteuerten Pneumatikschaltung simuliert werden. Im einzelnen bietet das Programm folgende Möglichkeiten:
Im ersten Teil (Seite 2) soll der Anwender in die Lage versetzt werden, nach einem Stromlaufplan das elektrisch gesteuerte Wegeventil eines Pneumatikzylinders anzuschließen. Im zweiten Teil (Seite 3) sollen die Kenntnisse der 2. Seite verwendet werden, um statt eines einfachen Schalters den Ausgang einer SPS zu verwenden. Schließlich kann im dritten Teil (Seite 4) durch das Zeichnen eines Weg-Schritt-Diagramms die Folgesteuerung von 3 Zylindern grafisch programmiert werden.
Mit dem Programm Spabi1 können die Impulse für die Zylinderbewegungen über die parallele Schnittstelle des PCs auch auf reale Systeme übertragen werden. Dazu muß die DLL outprt.dll sich im selben Verzeichnis befinden und ein geeigneter Ausgabebaustein angeschlossen werden.
Bildschirmfoto und Bedienungshinweise zeigen
Anwendungsgebiete
Steuerungstechnik, Technische Informatik, Digitaltechnik, Programmierung
Bemerkungen
Das Programmpaket bietet neben der Simulation die Möglichkeit auch reale Komponenten zu steuern. Weitere Informationen sowie unterrichtliche Erfahrungen mit diesem Lernprogramm sind in den Projektberichten nachzulesen.
Hardwareumgebung, Betriebssysteme
PC min. 386, MS Windows, Relaiskarte (z.B. Fa. Conrad Best.Nr. 967718 Relaiskarte 98,-DM). Es wird ToolBook 1.5 (Entwicklungs- oder Runtime-Umgebung) benötigt
D. Müller, 31.12.1995
[HYSIM Home] [Softwareliste]
HYSIM
Document: Done

Netscape - [HYSIM - Elektropneumatik/Selbsthalteschaltungen]
File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help
[HYSIM Home] [Softwareliste] HYSIM
Programmname
Selbsthalteschaltungen in der Elektropneumatik
Autor
Peter Schäfer, Schulzentrum "Im Holter Feld", Bremen
Programmversion
V. 1.0
Dateitransfer
Datei vom Server laden (Dateigröße: ca. 60 KB gepackt [zip - Datei], ca. 200 KB entpackt), besteht aus 2 Dateien.
Kurzbeschreibung
Das Programm-Paket Selbsthalteschaltungen in der Elektropneumatik besteht aus dem Programm SHTast und SHSensor. Mit den beiden Programmen können Selbsthalteschaltungen mit Rollentastern bzw. mit Reed-Sensoren in der Elektropneumatik simuliert werden. Im einzelnen bieten die Programme folgende Möglichkeiten: Erklärung der Bauelemente, Simulation der Schaltungen einschließlicher der Sondefunktionen der Schaltung mit Reed-Sensoren. Die einzelnen Elemente beider Schaltung und ihre Funktion lassen sich durch Anklicken mit der Maus erkunden. Kurze Erklärungen des Bauteils und seiner Funktion erscheinen im Kommentarfeld unter den Schaltplänen. Darüber hinaus können versch. Schaltvorgänge simuliert werden. Die dynamischen Elemente der Schaltungen werden dabei entsprechend visualisiert, um die funktionallen Zusammenhänge deutlich zu machen.
Bildschirmfoto einschl. Kurzanleitung zeigen
Anwendungsgebiete
Steuerungstechnik, Pneumatik, Technische Informatik,
Bemerkungen
Das Programmpaket eignet sich besonders für den Anfangsunterricht im Bereich Steuerungstechnik. Für Lernende, die kaum Kenntnisse in Elektronik und Pneumatik besitzen, bieten Analogien zwischen mechanischen und elektronischen Steuerungselementen einen einfachen Einstieg. Weitere Informationen sowie unterrichtliche Erfahrungen sind in den Projektberichten nachzulesen.
Document: Done

Netscape - [HYSIM - Elektropneumatik/Selbsthalteschaltungen]
File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help
v. 1.0
Dateitransfer
Datei vom Server laden (Dateigröße: ca. 60 KB gepackt [zip - Datei], ca. 200 KB entpackt), besteht aus 2 Dateien.
Kurzbeschreibung
Das Programm-Paket Selbsthalteschaltungen in der Elektropneumatik besteht aus dem Programm SHTast und SHSensor. Mit den beiden Programmen können Selbsthalteschaltungen mit Rollentastern bzw. mit Reed-Sensoren in der Elektropneumatik simuliert werden. Im einzelnen bieten die Programme folgende Möglichkeiten: Erklärung der Bauelemente, Simulation der Schaltungen einschließlicher der Sondefunktionen der Schaltung mit Reed-Sensoren. Die einzelnen Elemente beider Schaltung und ihre Funktion lassen sich durch Anklicken mit der Maus erkunden. Kurze Erklärungen des Bauteils und seiner Funktion erscheinen im Kommentarfeld unter den Schaltplänen. Darüber hinaus können versch. Schaltvorgänge simuliert werden. Die dynamischen Elemente der Schaltungen werden dabei entsprechend visualisiert, um die funktionallen Zusammenhänge deutlich zu machen.
Bildschirmfoto einschl. Kurzanleitung zeigen
Anwendungsgebiete
Steuerungstechnik, Pneumatik, Technische Informatik,
Bemerkungen
Das Programmpaket eignet sich besonders für den Anfangsunterricht im Bereich Steuerungstechnik. Für Lernende, die kaum Kenntnisse in Elektronik und Pneumatik besitzen, bieten Analogien zwischen mechanischen und elektronischen Steuerungselementen einen einfachen Einstieg. Weitere Informationen sowie unterrichtliche Erfahrungen sind in den Projektberichten nachzulesen.
Hardwareumgebung, Betriebssysteme
PC min. 386, MS Windows. Es wird ToolBook 1.5 (Entwicklungs- oder Runtime-Umgebung) benötigt
D. Müller, 2.2.1996
[HYSIM Home] [Softwareliste]
HYSIM
Document: Done


Netscape - [Interaktives Buch]
File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help
[HYSIM Home] [Softwareliste]
HYSIM
Programmname
Interaktives Buch
Autor
Dieter Müller, Uni Bremen
Programmversionen
1. 10-1992 (Macromind 3.1)
2. 11-95 (ToolBook 1.5)
3. 2-1996 (Java - Version)
Dateitransfer
1. Laden der ToolBook Version (Dateigröße: ca. 20 KB gepackt [zip - Datei], 330 KB entpackt).
2. Laden der MacroMind Director Version (Macintosh) . (Dateigröße: ca. 440 KB gepackt [hqx - Datei], ca. 900 KB entpackt)
3. Java - Version
Kurzbeschreibung
Das Programm zeigt das Konzept eines "interaktiven Buches" am Beispiel des Hebelgesetzes. Mit Hilfe der Maus bzw. der Tastatur können verschiedene Parameter variiert werden. Das Programm berechnet jeweils die einzelnen Kräfte und Hebelarm-Längen.
Bildschirmfoto zeigen
Anwendungsgebiete
Mechanik, Physik
Bemerkungen
Die Anwendung soll das Konzept eines interaktiven Lehrbuches auf der Basis von Hypertext demonstrieren; es kann um weitere Beispiele ergänzt werden. Es steht auch eine mit MacroMind Director 3.1 (Apple Macintosh) entwickelte Variante zur Verfügung.
Hardwareumgebung, Betriebssysteme
1. PC min. 386, MS Windows, ToolBook 1.5 (Entwicklungs- oder Runtime-Umgebung)
Document: Done

Netscape - [HYSIM - Serielle Datenübertragung]
File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help
[HYSIM Home] [Softwareliste] HYSIM
Programmname
Die serielle Datenübertragung
Autor
Günther Gräger / Pierre Tussinger, Berufsschule für Elektrotechnik, Bremen
Programmversion
12.95
Dateitransfer
Datei vom Server laden (Dateigröße: ca. 200 KB gepackt [zip - Datei], 560 KB entpackt).
Verfügbar sind auch Unterrichtsmaterialien, die der Kollege Kurt Eblinger, Berufsschule für Elektrotechnik in Bremen erstellt hat. Eine Übersicht zur Reihenfolge der Materialien ist jeweils als Hilfe-Datei beigefügt. Teil 1 und Teil 2 der Unterrichtsmaterialien vom Server laden.
Kurzbeschreibung
Die Anwendung "Serielle Schnittstelle" besteht aus einem Hypertext-Modul zur Vermittlung der grundlegenden Kenntnisse in der digitalen Datenübertragung. Mit Hilfe von Simulationen kann darüber hinaus das Prinzip serieller Datenübertragung veranschaulicht werden. Mit einem weiteren Modul kann die Anbindung eines Interface-Bausteines an den Prozessor simuliert und entsprechend visualisiert werden. Darüber hinaus ist es möglich auch die Steuerung und Programmierung eines Schnittstellenbausteines zu simulieren.
Über den Begrüßungsbildschirm erhält man unter HILFE eine kurze Einführung zur Benutzung der Lernsoftware. Dabei wird insbesondere die Funktion der Druckknöpfe beschrieben mit denen man sich durch das Programm navigieren kann. Von der Themenauswahl des Begrüßungsbildschirmes erreicht man die einzelnen Kapitel des Hypertext Lernbuches.
Bildschirmfoto zeigen
Anwendungsgebiete
Technische Informatik, Digitaltechnik, Programmierung
Document: Done


Netscape - [HYSIM - Serielle Datenübertragung]
File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help
Verfügbar sind auch Unterrichtsmaterialien, die der Kollege Kurt Eblinger, Berufsschule für Elektrotechnik in Bremen erstellt hat. Eine Übersicht zur Reihenfolge der Materialien ist jeweils als Hilfe-Datei beigefügt. Teil 1 und Teil 2 der Unterrichtsmaterialien vom Server laden.
Kurzbeschreibung
Die Anwendung "Serielle Schnittstelle" besteht aus einem Hypertext-Modul zur Vermittlung der grundlegenden Kenntnisse in der digitalen Datenübertragung. Mit Hilfe von Simulationen kann darüber hinaus das Prinzip serieller Datenübertragung veranschaulicht werden. Mit einem weiteren Modul kann die Anbindung eines Interface-Bausteines an den Prozessor simuliert und entsprechend visualisiert werden. Darüber hinaus ist es möglich auch die Steuerung und Programmierung eines Schnittstellenbausteines zu simulieren.
Über den Begrüßungsbildschirm erhält man unter HILFE eine kurze Einführung zur Benutzung der Lernsoftware. Dabei wird insbesondere die Funktion der Druckknöpfe beschrieben mit denen man sich durch das Programm navigieren kann. Von der Themenauswahl des Begrüßungsbildschirmes erreicht man die einzelnen Kapitel des Hypertext Lernbuches.
Bildschirmfoto zeigen
Anwendungsgebiete
Technische Informatik, Digitaltechnik, Programmierung
Bemerkungen
Das Programm enthält umfassende Möglichkeiten der Simulation komplexer Schaltungsabläufe, es eignet sich aufgrund des integrierten Hilfesystems zum eigenständigen interaktiven Lernen. Weitere Informationen sowie unterrichtliche Erfahrungen mit diesem Lernprogramm sind in den Projektberichten nachzulesen.
Hardwareumgebung, Betriebssysteme
PC min. 386, MS Windows
Es wird ToolBook 1.5 (Entwicklungs- oder Runtime-Umgebung) benötigt
D. Müller, 20.8.1996
[HYSIM Home] [Softwareliste]
HYSIM
Document: Done

Netscape - [HYSIM - SPS-Slim]

File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help

[HYSIM Home] [Softwareliste] *HYSIM*

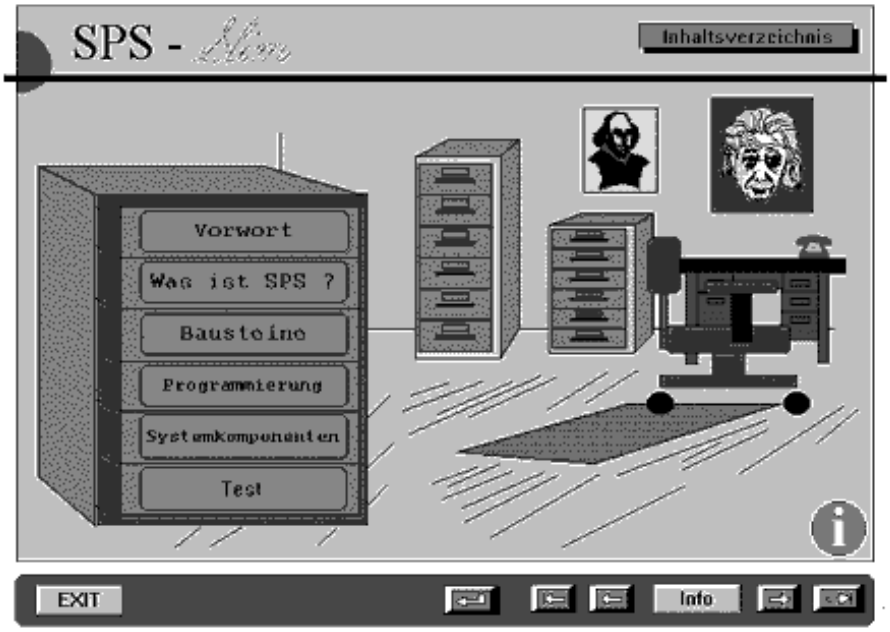
Programmname
SPS -Slim

Autor
Oliver Stange

Programmversion
2.0

Dateitransfer
SPS-Slim vom Server laden (Dateigröße: ca. 280 KB gepackt [zip - Datei]). Die komprimierte Datei enthält 4 Dateien.

Kurzbeschreibung
Das Programmpaket enthält das Programm **SPS-Slim**, eine Einführung in die Grundlagen der speicherprogrammierbaren Steuerungen, und das Programm **SPS-Slim-Test**, eine Hypertextanwendung zur Überprüfung des Gelernten.



Anwendungsgebiete

Document: Done

Netscape - [HYSIM - Lernsystem "Vakuumtechnik"]

File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help

[HYSIM Home] [Softwareliste] *HYSIM*

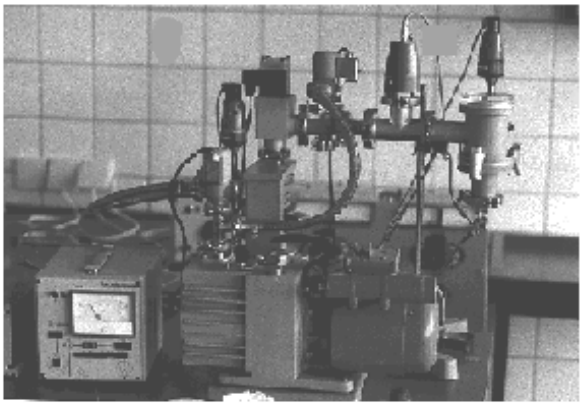
Programmname
Lernsystem "Vakuumtechnik": Echtzeitsimulator und Hypertext-Lehrbuch

Autor
Heinrich Herzog, Ernst W. Jäger-Buschart, Schulzentrum Utbremen, Bremen

Programmversion
V. 1.0

Dateitransfer
Datei vom Server laden (Dateigröße: ca. 1.4 MB gepackt [zip - Datei], besteht aus 5 Dateien.

Kurzbeschreibung
Das Lernsystem **Vakuumtechnik** wurde konzipiert und realisiert, um zukünftige Physikalisch-Technische Assistenten/-innen in die Grundlagen der Vakuumtechnik einzuführen. In dem entsprechenden Ausbildungsgang wird seit vielen Jahren im Physikpraktikum Vakuumtechnik unterrichtet. Ein Hochvakuumpumpstand erlaubt es, praktische Übungen und eine Vielzahl von Experimenten durchzuführen. Allerdings ist dieses Großgerät nur einmal vorhanden, damit ist die Möglichkeiten des Trainings für Schüler naturgemäß sehr beschränkt. Das entwickelte Lernsystem soll es nun jedem einzelnen Schüler ermöglichen, neben den zeitlich eingeschränkten Experimenten mit dem Pumpstand auch ein Handhabungstraining (Echtzeit-Simulator) und eine vertiefte Wissensgewinnung (Hypertext-Lehrbuch) in individualisierter Form durchzuführen.



Document: Done

Netscape - [HYSIM - Zahnrad - Konstruktion]

File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help

[HYSIM Home] [Softwareliste] *HYSIM*

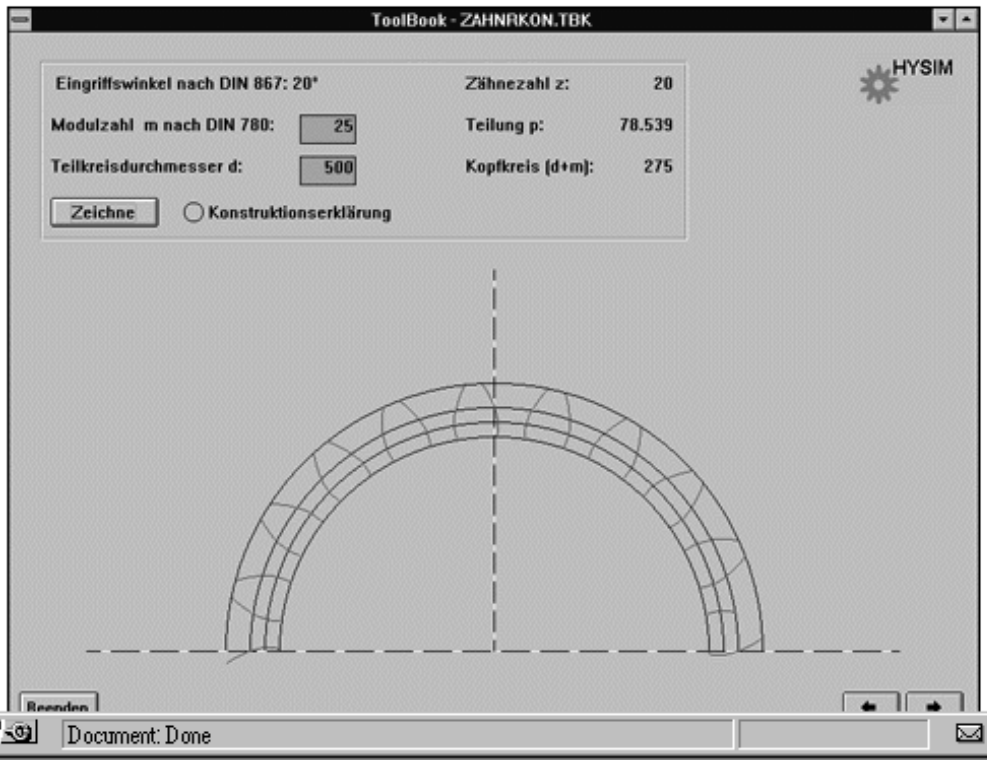
Programmname
Konstruktion einer Zahnradpumpe.

Autor
Eckhard Meier, Uni Bremen

Programmversion
Vers.1.0

Dateitransfer
Datei vom Server laden (Dateigröße: ca. 100 KB gepackt [zip - Datei], ca. 230 KB entpackt), besteht aus 2 Dateien.

Kurzbeschreibung
Die Anwendung erläutert das Vorgehen bei der Konstruktion eines Zahnrades: Es kann ein Zahnrad anhand von benutzerdefinierten Parametern gezeichnet werden, die einzelnen Schriite des Konstruktionsprozesses werden dabei erklärt. Zusätzlich werden die mathematische Hintergründe näher beschrieben.



Document: Done

Netscape - [HYSIM - Zahnrad - Konstruktion]
File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help
Anwendungsgebiete
Technisches Zeichnen, Konstruktion, Mechanik, Maschinenelemente
Bemerkungen
Das Programm wurde mit Toolbook V1.5 entwickelt. Zum Benutzen der Anwendung wird die Toolbook Runtime-Version benötigt. Zusätzlich muß sich die TBKDLG.DLL in dem Arbeitsverzeichnis der Anwendung befinden.
Hardwareumgebung, Betriebssysteme
PC min. 386, MS Windows, ToolBook 1.5 (Entwicklungs- oder Runtime-Umgebung) benötigt
D. Müller, 6.2.1996
[HYSIM Home] [Softwareliste]
HYSIM
Document: Done

Netscape - [HYSIM - Zahnradpumpe Montage]

File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help

[HYSIM Home] [Softwareliste] *HYSIM*

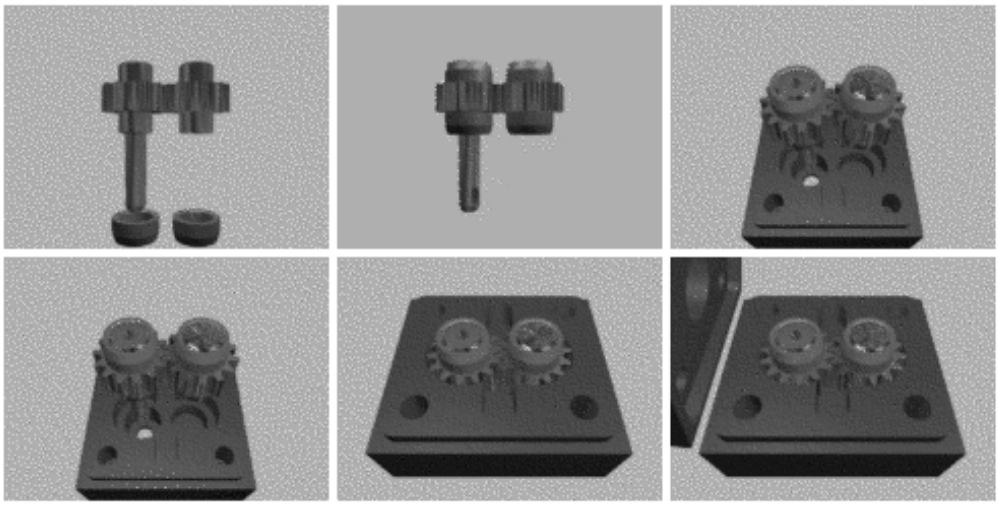
Programmname
Montage einer Zahnradpumpe - Animationssequenzen zum Thema Zahnradpumpe

Autor
Eckhard Meier, Uni Bremen

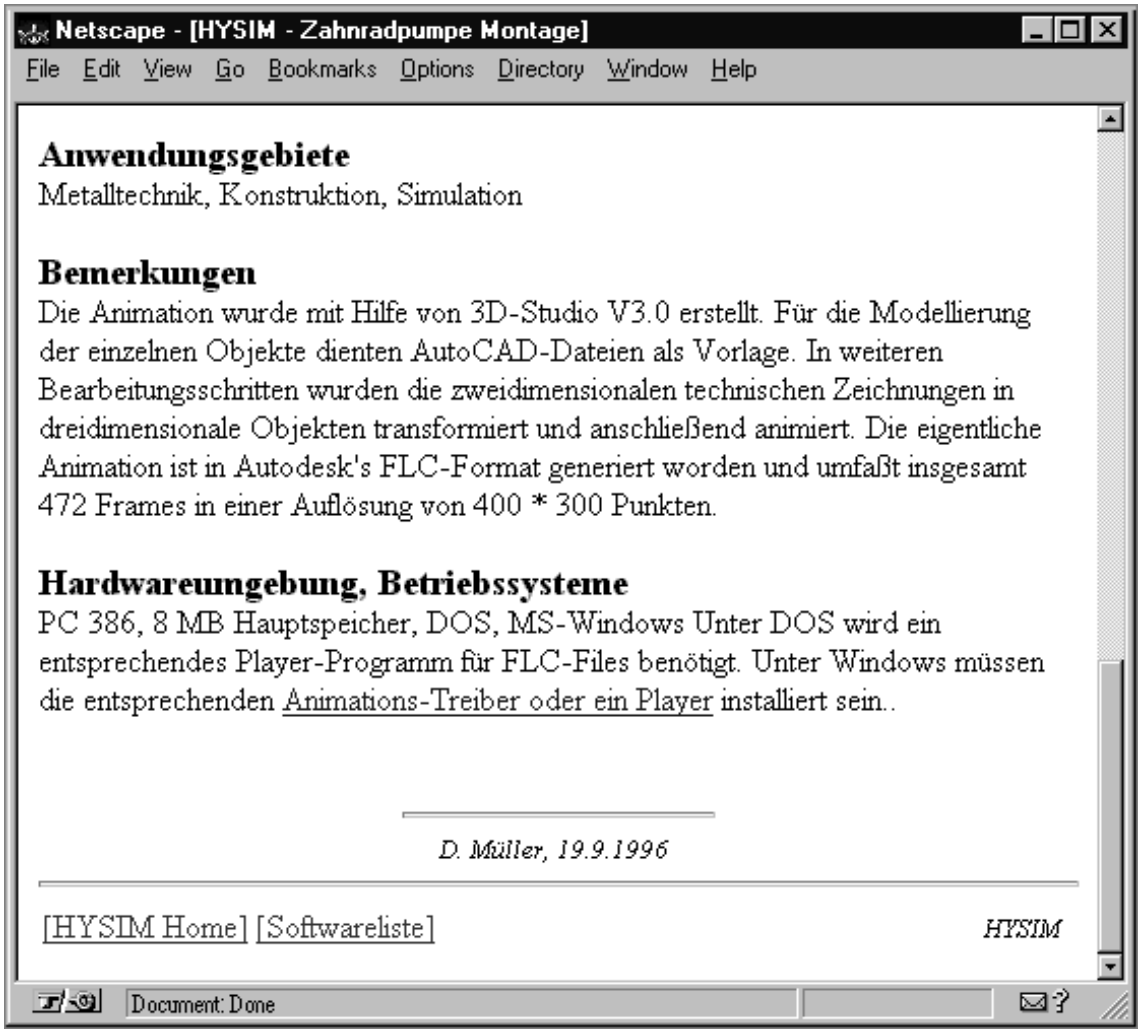
Programmversionen
Vers. 1

Dateitransfer
Die Originaldatei umfaßt 7,7 MB, die dazugehörige ZIP-Datei 4,6 MB !
ZIP-Datei vom Server laden

Kurzbeschreibung
In der Animation wird das Zusammensetzen einer Zahnradpumpe aus acht Einzelteilen dargestellt. Begonnen wird mit den wichtigsten Bestandteilen, den zwei ineinandergreifenden Zahnrädern. In zwei weiteren Schritten folgt das Einsetzen der vier Laufbuchsen. Abschließend werden Boden und Deckel der Zahnradpumpe montiert. Aufgabe dieser Animation ist die Visualisierung der wichtigsten Komponenten einer Zahnradpumpe und deren Zusammenspiel. Sie kann als Vorstufe zu einer Prototypentwicklung betrachtet werden.



Document: Done


Netscape - [HYSIM - Zahnradpumpe Montage]
File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help
Anwendungsgebiete
Metalltechnik, Konstruktion, Simulation
Bemerkungen
Die Animation wurde mit Hilfe von 3D-Studio V3.0 erstellt. Für die Modellierung der einzelnen Objekte dienten AutoCAD-Dateien als Vorlage. In weiteren Bearbeitungsschritten wurden die zweidimensionalen technischen Zeichnungen in dreidimensionale Objekten transformiert und anschließend animiert. Die eigentliche Animation ist in Autodesk's FLC-Format generiert worden und umfaßt insgesamt 472 Frames in einer Auflösung von 400 * 300 Punkten.
Hardwareumgebung, Betriebssysteme
PC 386, 8 MB Hauptspeicher, DOS, MS-Windows Unter DOS wird ein entsprechendes Player-Programm für FLC-Files benötigt. Unter Windows müssen die entsprechenden Animations-Treiber oder ein Player installiert sein..
D. Müller, 19.9.1996
[HYSIM Home] [Softwareliste]
HYSIM
Document: Done

Netscape - [HYSIM - Zahnradpumpe Flüssigkeitsströmungen]

File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help

[HYSIM Home] [Softwareliste] *HYSIM*

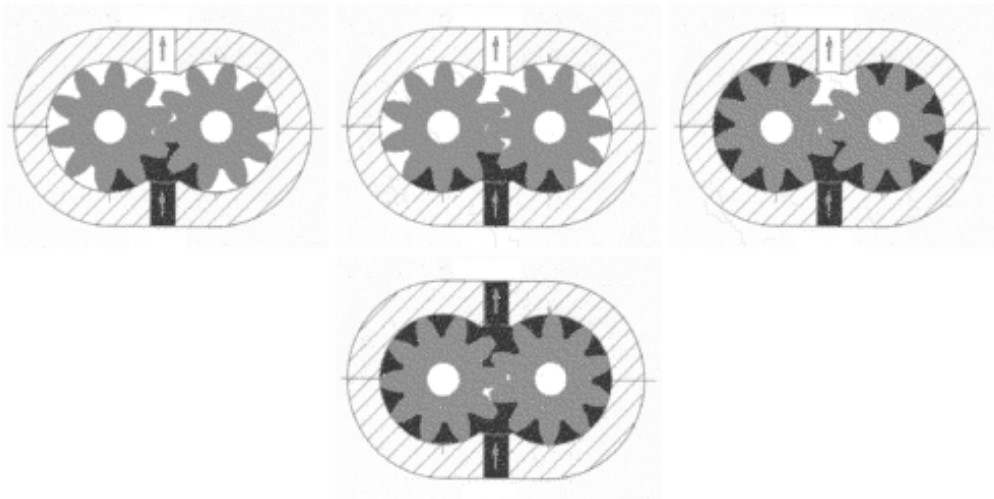
Programmname
Flüssigkeitsströmungen in einer Zahnradpumpe

Autor
Eckhard Meier, Uni Bremen

Programmversionen
Vers. 1

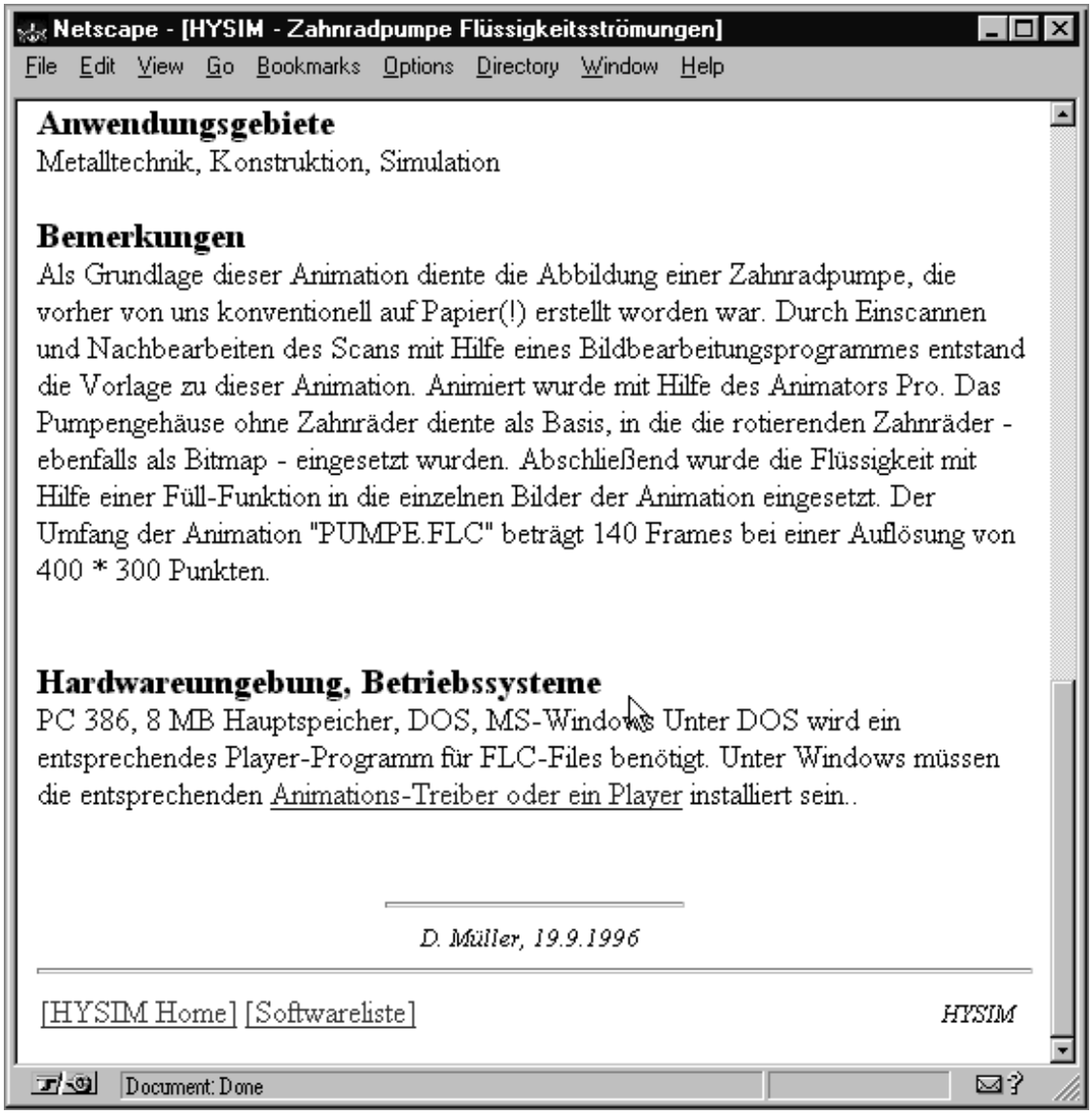
Dateitransfer
Die Originaldatei umfaßt 688 KB, die dazugehörige ZIP-Datei 275 KB.
ZIP-Datei vom Server laden

Kurzbeschreibung
Mit dieser Animation wird veranschaulicht, auf welche Weise mit einer Zahnradpumpe eine Flüssigkeit transportiert wird. Es wird gezeigt, wie die Flüssigkeit zwischen der Gehäuseaußenwand und den Zahnrädern entlang geführt und nicht zwischen den beiden ineinandergreifenden Zahnrädern hindurch transportiert wird. Außerdem kann anhand der Animation das Problem der Quetschflüssigkeit beim Ineinandergreifen der Zahnräder erläutert werden.



Anwendungsgebiete

Document: Done


Netscape - [HYSIM - Zahnradpumpe Flüssigkeitsströmungen]
File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help
Anwendungsgebiete
Metalltechnik, Konstruktion, Simulation
Bemerkungen
Als Grundlage dieser Animation diente die Abbildung einer Zahnradpumpe, die vorher von uns konventionell auf Papier(!) erstellt worden war. Durch Einscannen und Nachbearbeiten des Scans mit Hilfe eines Bildbearbeitungsprogrammes entstand die Vorlage zu dieser Animation. Animiert wurde mit Hilfe des Animators Pro. Das Pumpengehäuse ohne Zahnräder diente als Basis, in die die rotierenden Zahnräder - ebenfalls als Bitmap - eingesetzt wurden. Abschließend wurde die Flüssigkeit mit Hilfe einer Füll-Funktion in die einzelnen Bilder der Animation eingesetzt. Der Umfang der Animation "PUMPE.FLC" beträgt 140 Frames bei einer Auflösung von 400 * 300 Punkten.
Hardwareumgebung, Betriebssysteme
PC 386, 8 MB Hauptspeicher, DOS, MS-Windows Unter DOS wird ein entsprechendes Player-Programm für FLC-Files benötigt. Unter Windows müssen die entsprechenden Animations-Treiber oder ein Player installiert sein..
D. Müller, 19.9.1996
[HYSIM Home] [Softwareliste]
HYSIM
Document: Done

Netscape - [HYSIM - Evolventenverzahnung]

File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help

[Hysim Home] [Softwareliste] *HYSIM*

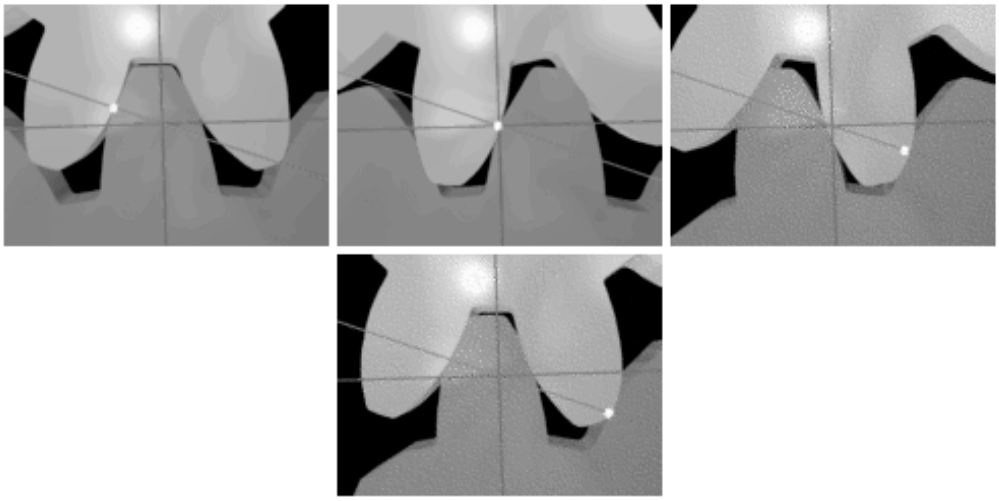
Programmname
Visualisierung einer Evolventenverzahnung

Autor
Eckhard Meier, Uni Bremen

Programmversionen
Vers. 1

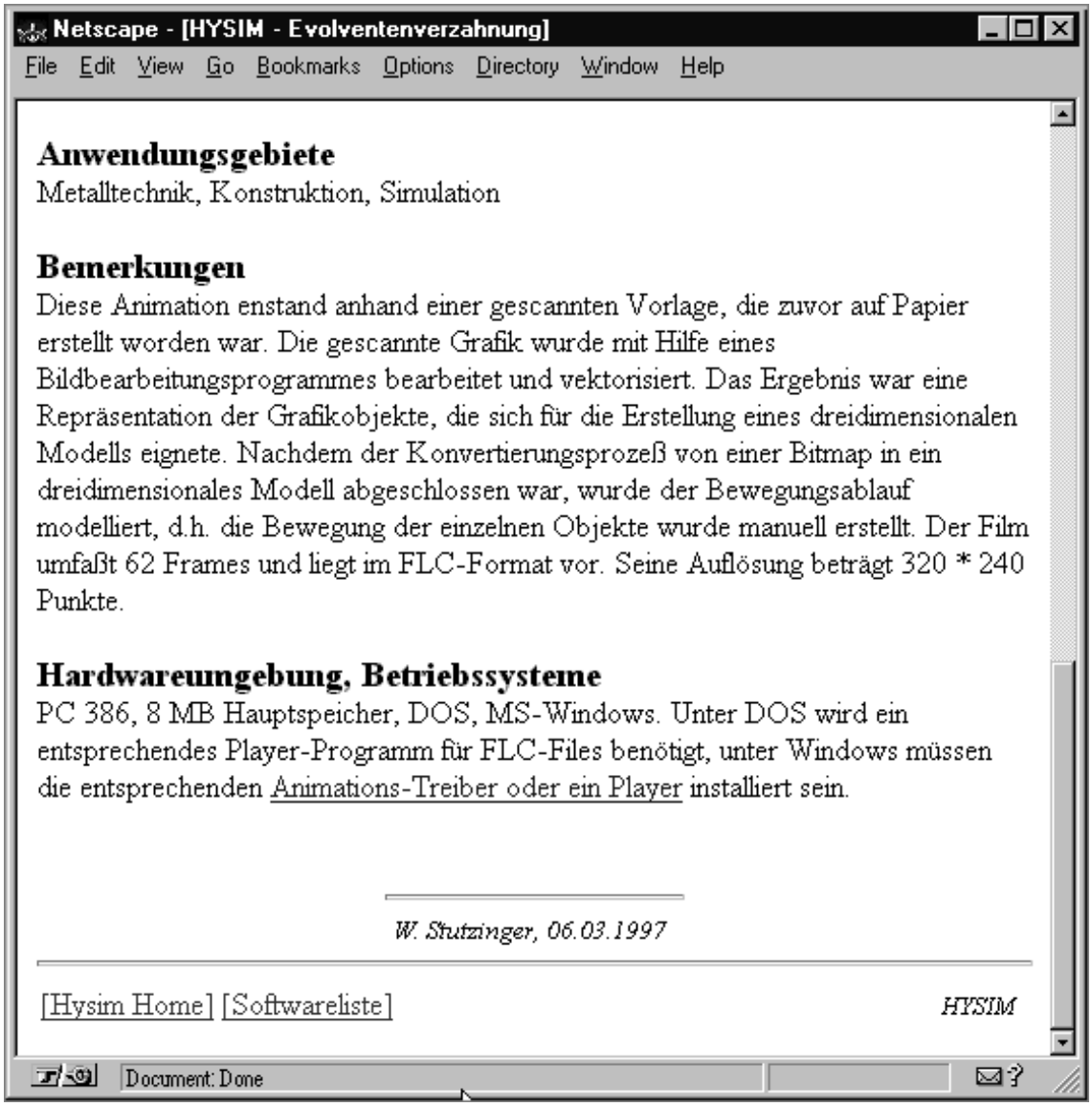
Dateitransfer
Die Originaldatei umfaßt 5,13 MB, die dazugehörige ZIP-Datei 2.34 MB.
zip-Datei vom Server laden

Kurzbeschreibung
In der Animation soll gezeigt werden, wie die Zähne zweier Zahnräder bei einer Evolventenverzahnung aufeinander abrollen. Dabei wird der Druckpunkt visuell hervorgehoben. Der Verlauf des Druckpunktes während der Bewegung der Zahnräder wird ebenfalls visualisiert. Er beschreibt eine Gerade.



Anwendungsgebiete
Metalltechnik, Konstruktion, Simulation

Document: Done


Netscape - [HYSIM - Evolventenverzahnung]
File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help
Anwendungsgebiete
Metalltechnik, Konstruktion, Simulation
Bemerkungen
Diese Animation enstand anhand einer gescannten Vorlage, die zuvor auf Papier erstellt worden war. Die gescannte Grafik wurde mit Hilfe eines Bildbearbeitungsprogrammes bearbeitet und vektorisiert. Das Ergebnis war eine Repräsentation der Grafikobjekte, die sich für die Erstellung eines dreidimensionalen Modells eignete. Nachdem der Konvertierungsprozeß von einer Bitmap in ein dreidimensionales Modell abgeschlossen war, wurde der Bewegungsablauf modelliert, d.h. die Bewegung der einzelnen Objekte wurde manuell erstellt. Der Film umfaßt 62 Frames und liegt im FLC-Format vor. Seine Auflösung beträgt 320 * 240 Punkte.
Hardwareumgebung, Betriebssysteme
PC 386, 8 MB Hauptspeicher, DOS, MS-Windows. Unter DOS wird ein entsprechendes Player-Programm für FLC-Files benötigt, unter Windows müssen die entsprechenden Animations-Treiber oder ein Player installiert sein.
W. Stutzinger, 06.03.1997
[Hysim Home] [Softwareliste]
HYSIM
Document: Done

Netscape - [HYSIM - Kurbelschleife]

File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help

[HYSIM Home] [Softwareliste] *HYSIM*

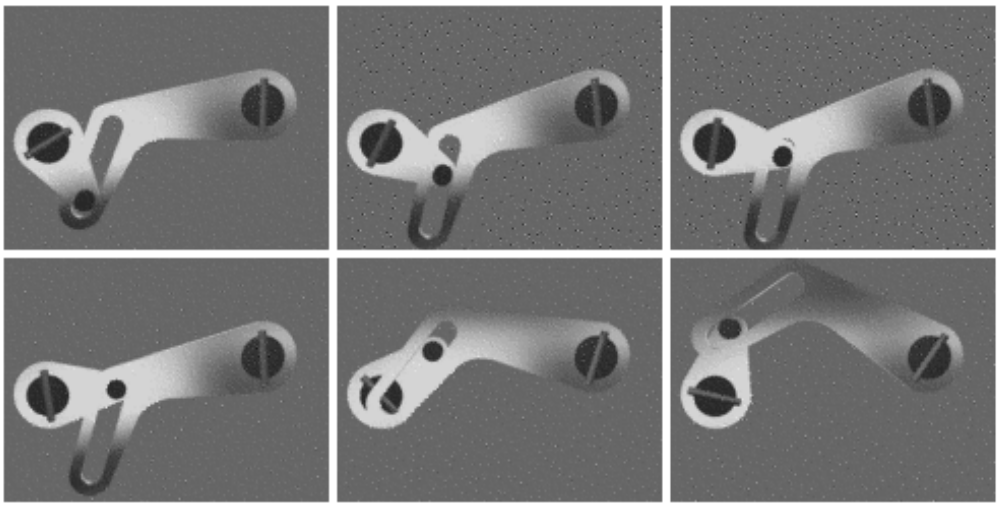
Programmname
Dynamisches Verhalten einer Kurbelschleife

Autor
Eckhard Meier, Uni Bremen

Programmversionen
Vers. 1

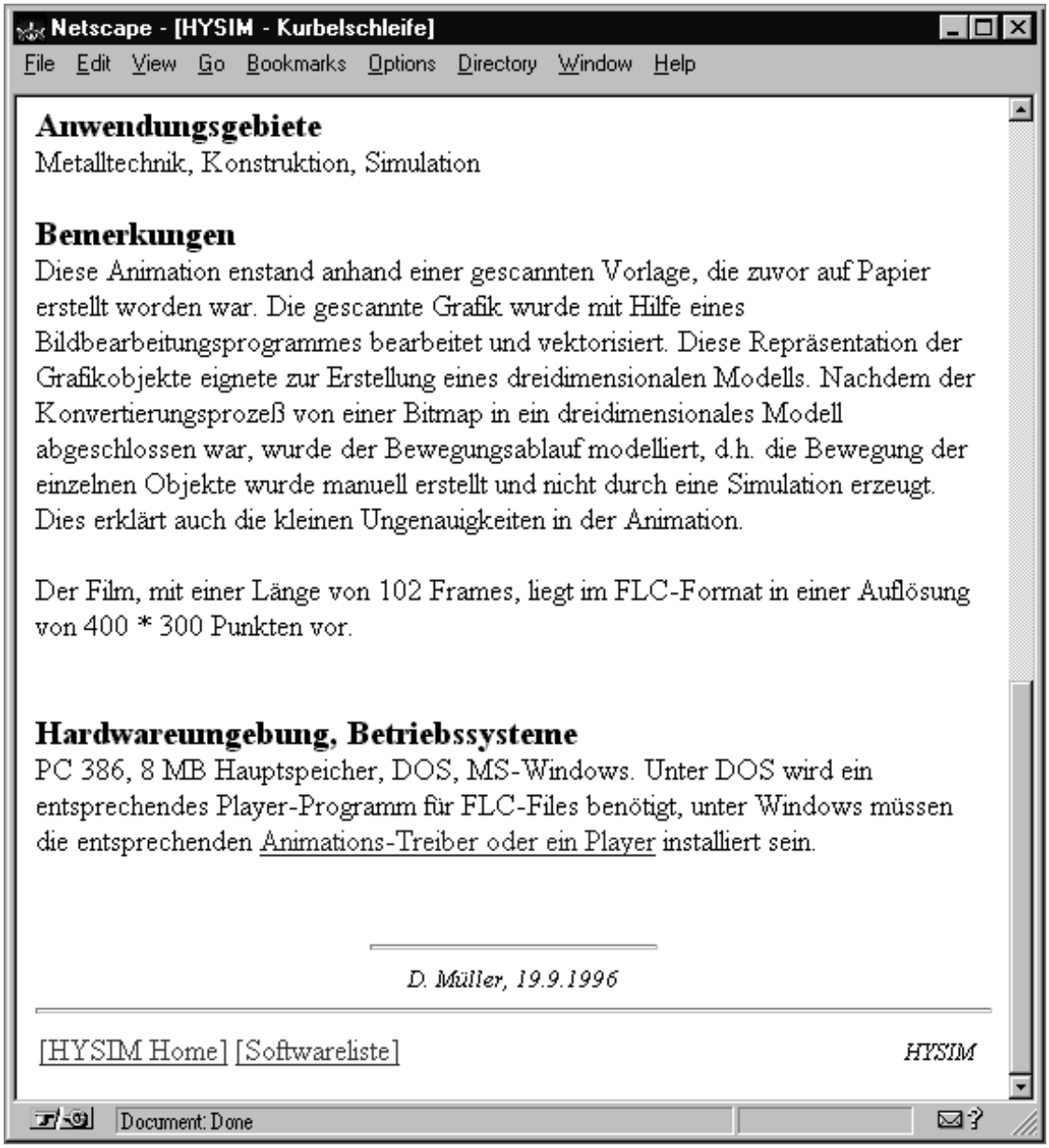
Dateitransfer
Die Originaldatei umfaßt 1,2 MB, die dazugehörige ZIP-Datei 711 KB.
zip-Datei vom Server laden

Kurzbeschreibung
Die der Animation zugrundeliegende Aufgabe ist die Konstruktion eines formschlüssigen Schwenkwinkels zwischen zwei Wellen. Es soll eine Reduktion der Rotationswinkel von 120 auf 30 Grad erfolgen. Die Reduktion geschieht anhand einer Kurbelschleife. Die Animation zeigt den Bewegungsablaufes der Kurbelschleife während des Reduktionsprozesses.



Anwendungsgebiete

Document: Done


Netscape - [HYSIM - Kurbelschleife]
File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help
Anwendungsgebiete
Metalltechnik, Konstruktion, Simulation
Bemerkungen
Diese Animation enstand anhand einer gescannten Vorlage, die zuvor auf Papier erstellt worden war. Die gescannte Grafik wurde mit Hilfe eines Bildbearbeitungsprogrammes bearbeitet und vektorisiert. Diese Repräsentation der Grafikobjekte eignete zur Erstellung eines dreidimensionalen Modells. Nachdem der Konvertierungsprozeß von einer Bitmap in ein dreidimensionales Modell abgeschlossen war, wurde der Bewegungsablauf modelliert, d.h. die Bewegung der einzelnen Objekte wurde manuell erstellt und nicht durch eine Simulation erzeugt. Dies erklärt auch die kleinen Ungenauigkeiten in der Animation.
Der Film, mit einer Länge von 102 Frames, liegt im FLC-Format in einer Auflösung von 400 * 300 Punkten vor.
Hardwareumgebung, Betriebssysteme
PC 386, 8 MB Hauptspeicher, DOS, MS-Windows. Unter DOS wird ein entsprechendes Player-Programm für FLC-Files benötigt, unter Windows müssen die entsprechenden Animations-Treiber oder ein Player installiert sein.
D. Müller, 19.9.1996
[HYSIM Home] [Softwareliste]
HYSIM
Document: Done

Netscape - [HYSIM - Sprechblasen-Hilfe]

File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help

[HYSIM Home] [Softwareliste] *HYSIM*

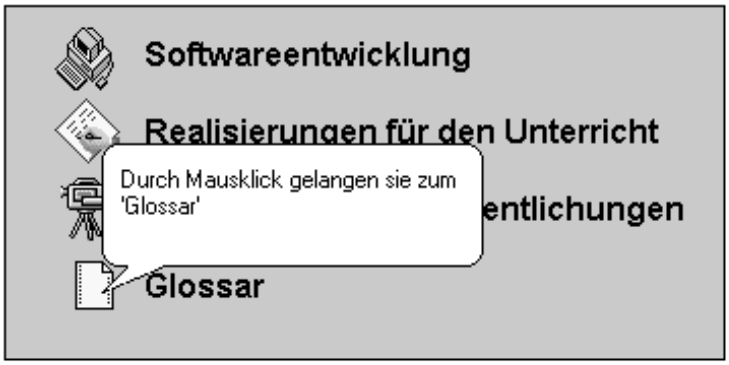
Programmname
Bubble Help - Sprechblasen-Hilfe

Autor
Dieter Müller, Uni Bremen

Programmversion
Vers. 3.95

Dateitransfer
Dateien vom Server laden: Zur Verfügung stehen sowohl ein ToolBook-Beispiel (Dateigröße: ca. 40 KB gepackt [zip - Datei]), wie auch der komplette Quellcode der notwendigen DLL (Dateigröße: ca. 40 KB gepackt [zip - Datei])!

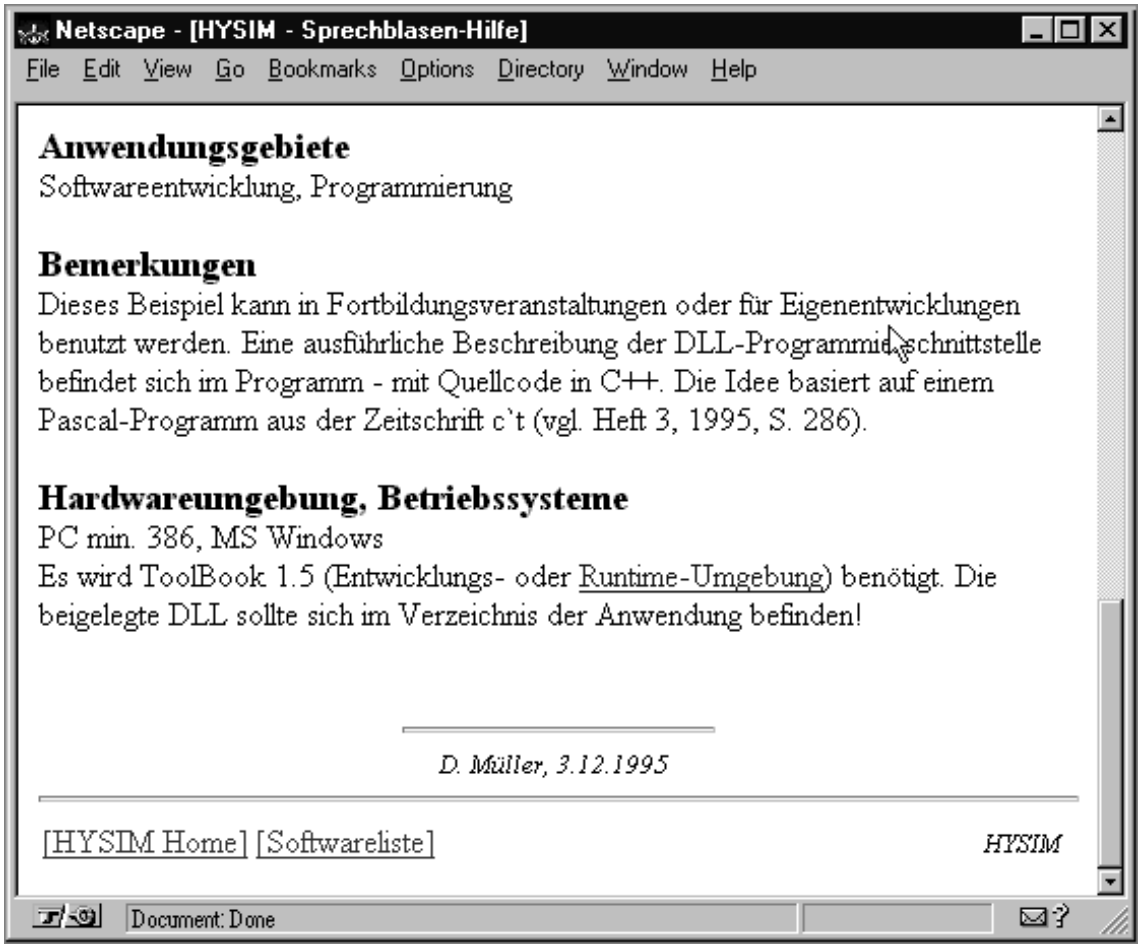
Kurzbeschreibung
Dieses Beispiel zeigt die Möglichkeit der Verwendung einer Sprechblasen-Hilfe innerhalb einer ToolBook-Anwendung. Das Programm benutzt eine von uns entwickelte DLL ("bubblhlp.dll"). Die DLL kann auch in eigene Anwendungen integriert werden.



Anwendungsgebiete
Softwareentwicklung, Programmierung

Bemerkungen
Dieses Beispiel kann in Fortbildungsveranstaltungen oder für Eigenentwicklungen benutzt werden. Eine ausführliche Beschreibung der DLL-Programmierschnittstelle

Document: Done


Netscape - [HYSIM - Sprechblasen-Hilfe]
File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help
Anwendungsgebiete
Softwareentwicklung, Programmierung
Bemerkungen
Dieses Beispiel kann in Fortbildungsveranstaltungen oder für Eigenentwicklungen benutzt werden. Eine ausführliche Beschreibung der DLL-Programmschnittstelle befindet sich im Programm - mit Quellcode in C++. Die Idee basiert auf einem Pascal-Programm aus der Zeitschrift c't (vgl. Heft 3, 1995, S. 286).
Hardwareumgebung, Betriebssysteme
PC min. 386, MS Windows
Es wird ToolBook 1.5 (Entwicklungs- oder Runtime-Umgebung) benötigt. Die beigelegte DLL sollte sich im Verzeichnis der Anwendung befinden!
D. Müller, 3.12.1995
[HYSIM Home] [Softwareliste]
HYSIM
Document: Done

Netscape - [HYSIM - Serielle Kommunikation]

File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help

[HYSIM Home] [Softwareliste] *HYSIM*

Programmname
Serielle Kommunikation unter ToolBook

Autor
Dieter Müller, Uni Bremen

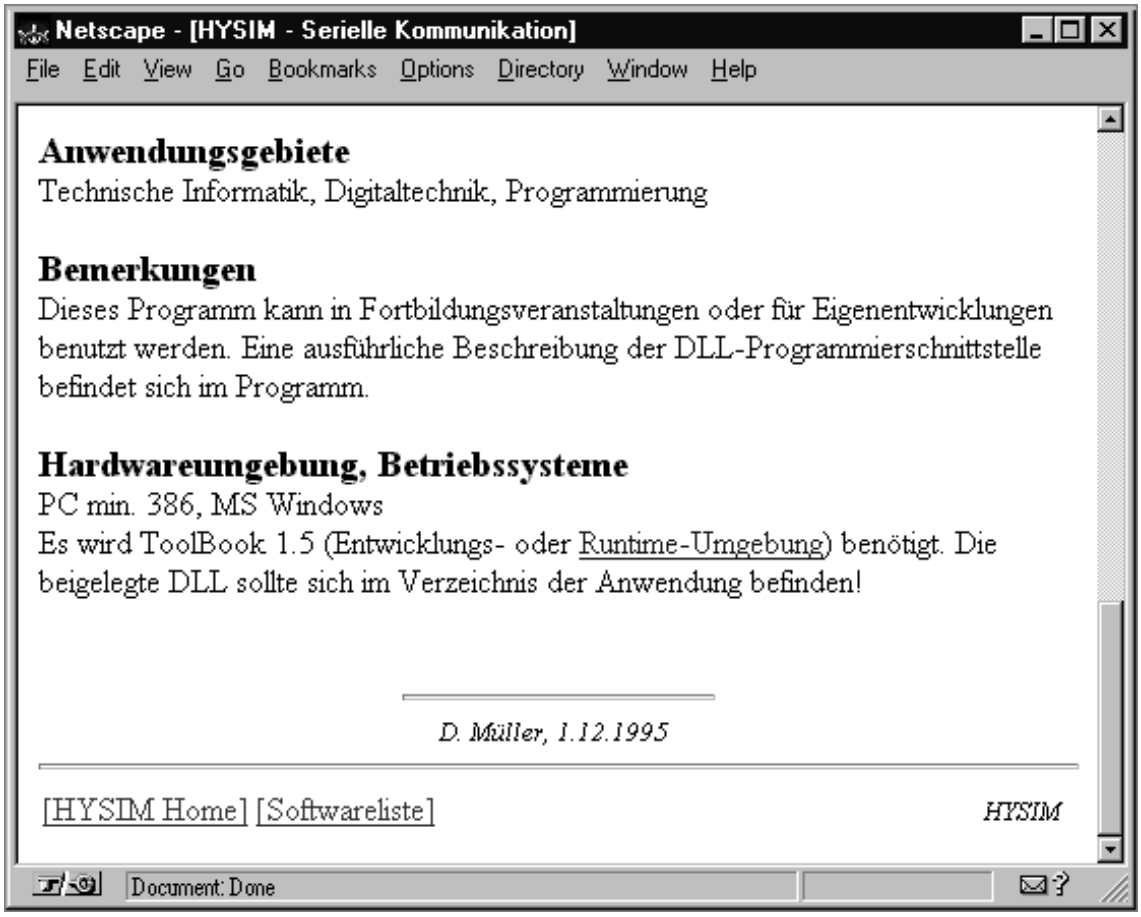
Programmversion
Vers. 1 / 11.93

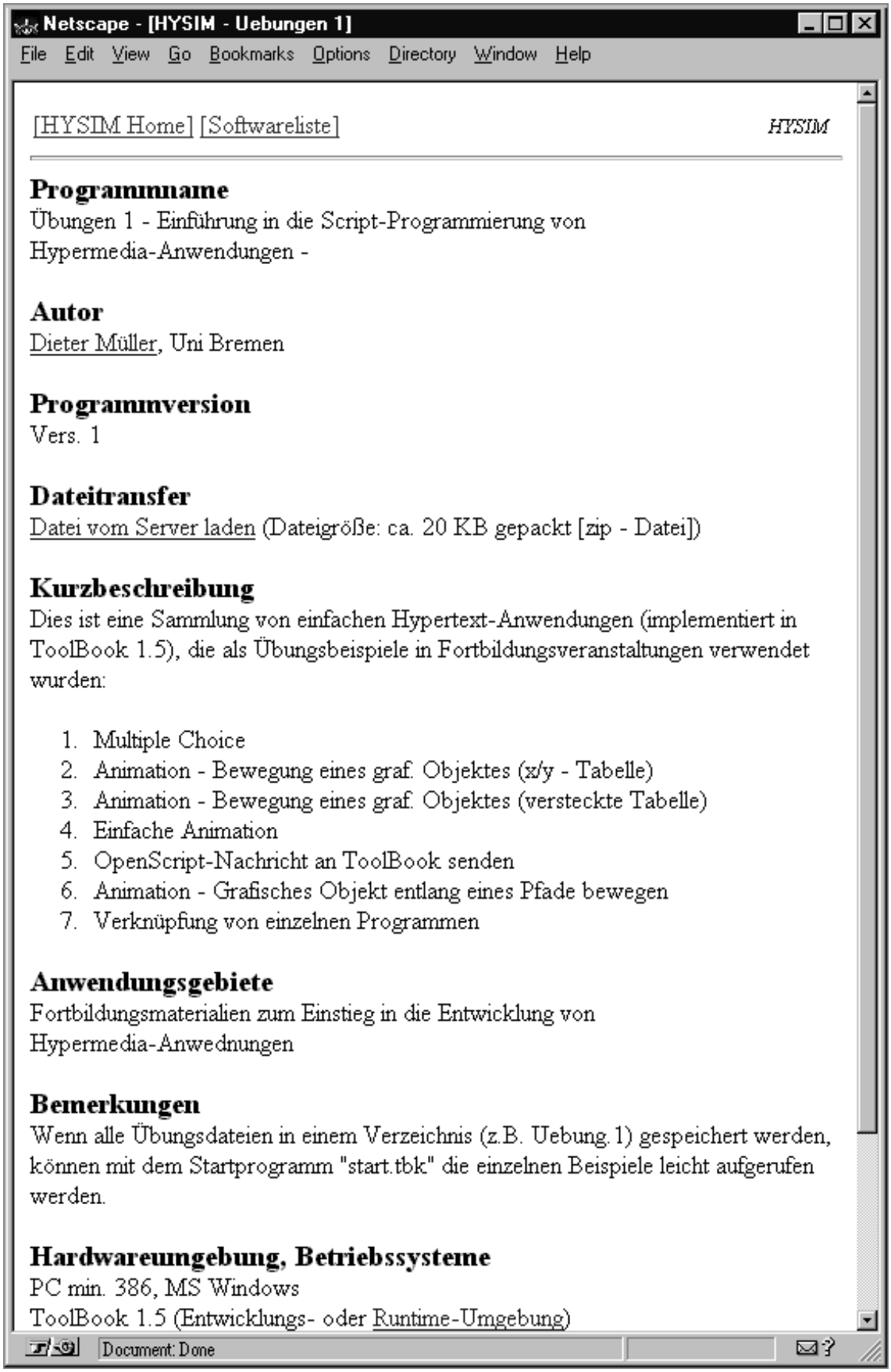
Dateitransfer
Datei vom Server laden (Dateigröße: ca. 25 KB gepackt [zip - Datei], 60 KB entpackt). Das Archiv enthält 2 Dateien!

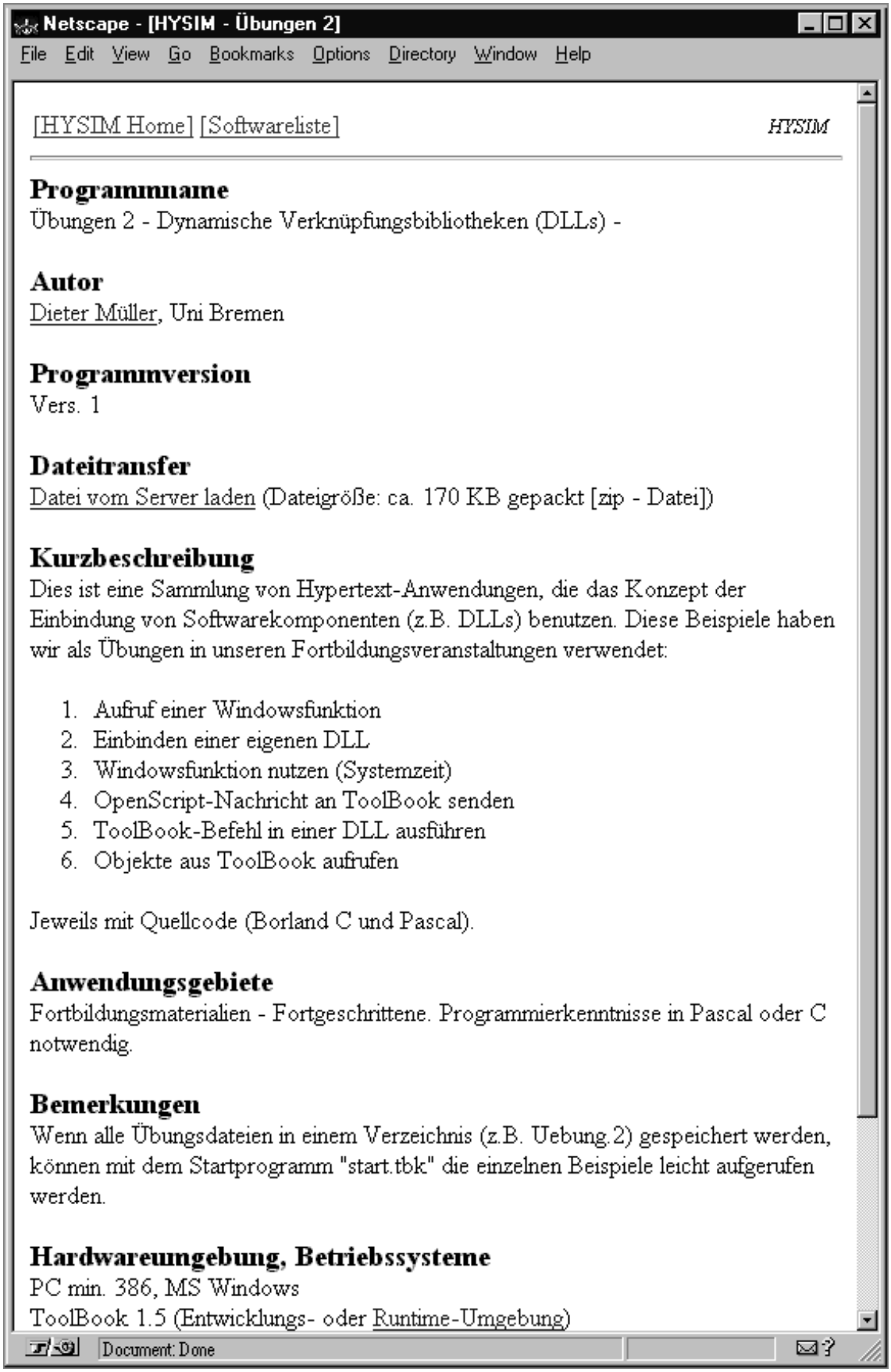
Kurzbeschreibung
Dieses Beispiel demonstriert die Möglichkeit der seriellen Kommunikation innerhalb einer ToolBook-Anwendung. Das Programm verwendet eine von mir entwickelte DLL, die die serielle Kopplung über die Ports des PCs abwickelt. Gewünschte Datenformate können mit Hilfe dieser DLL konfiguriert werden. Die DLL kann auch in eigene Anwendungen (z.B. für Hardwareankopplungen) benutzt werden.

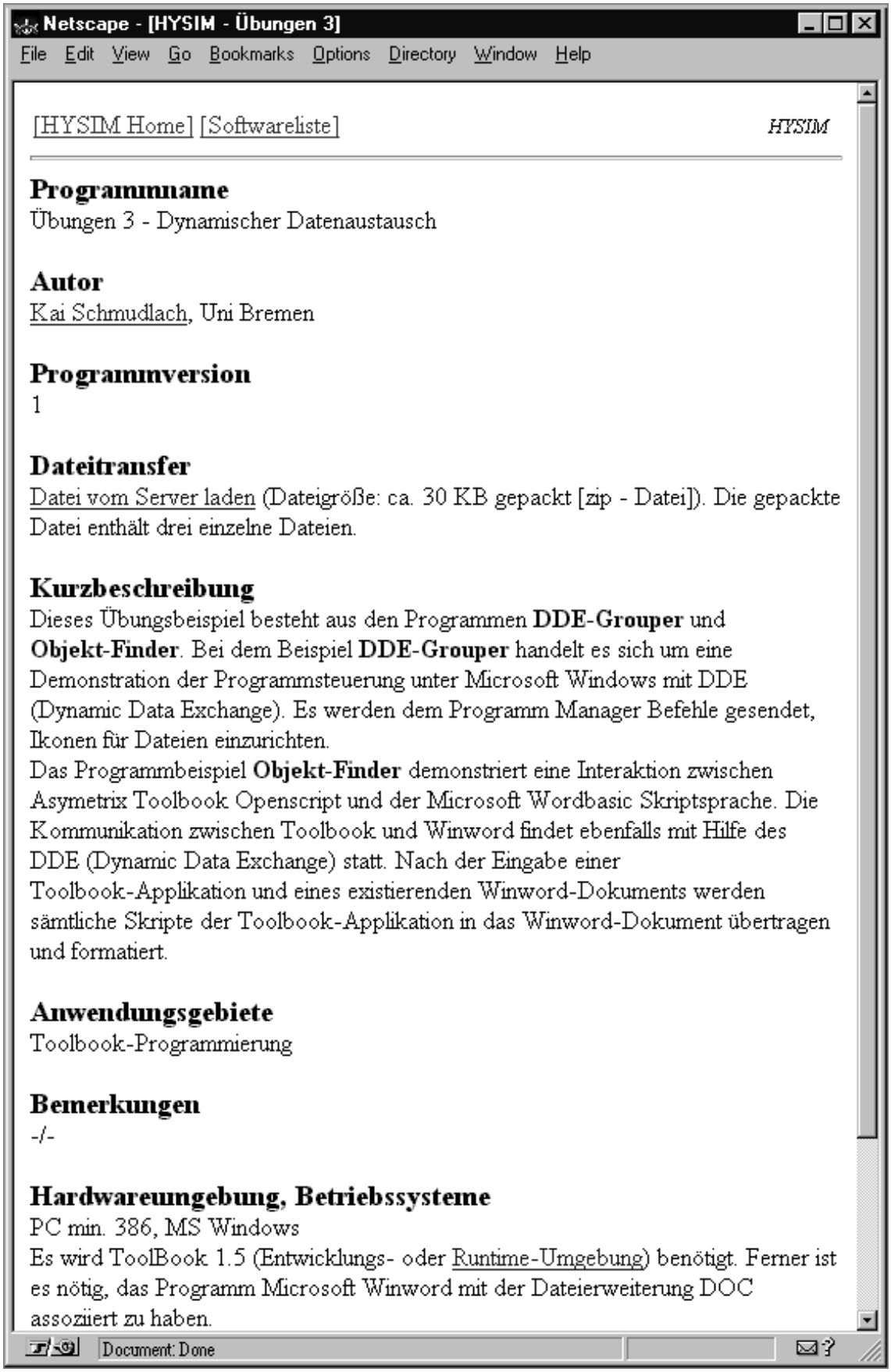
Anwendungsgebiete
Technische Informatik, Digitaltechnik, Programmierung

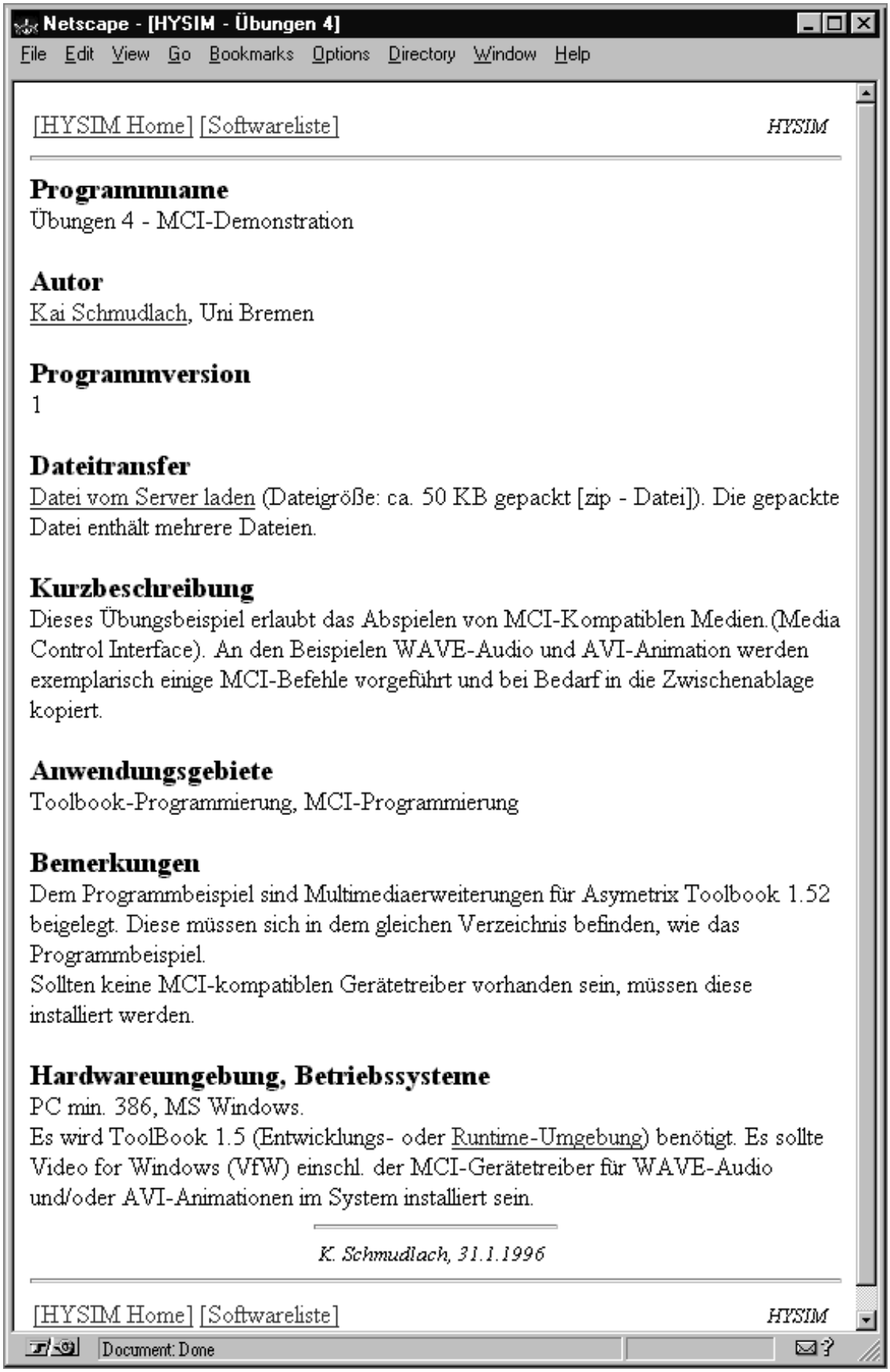
Document: Done

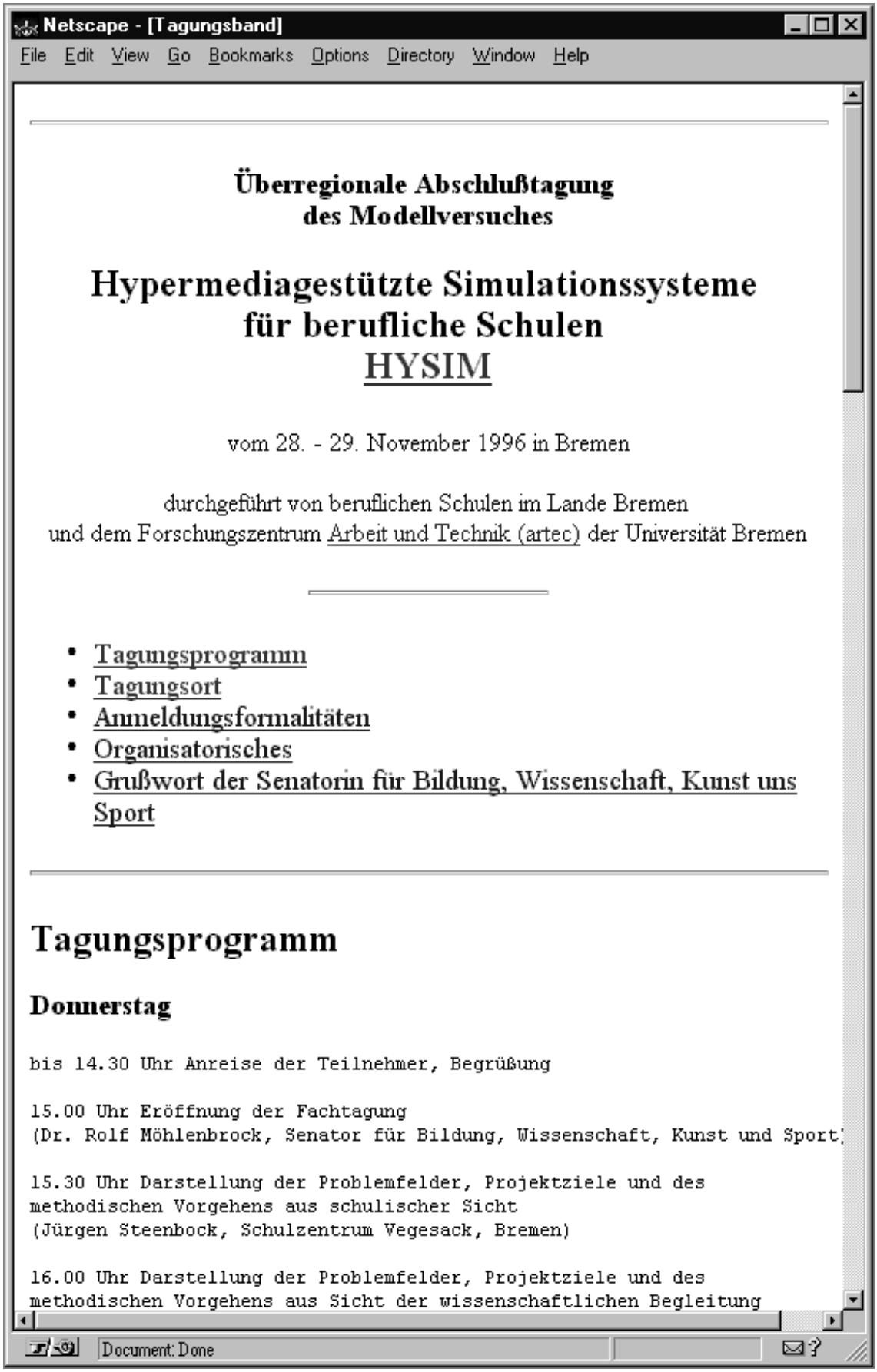

Netscape - [HYSIM - Serielle Kommunikation]
File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help
Anwendungsgebiete
Technische Informatik, Digitaltechnik, Programmierung
Bemerkungen
Dieses Programm kann in Fortbildungsveranstaltungen oder für Eigenentwicklungen benutzt werden. Eine ausführliche Beschreibung der DLL-Programmierschnittstelle befindet sich im Programm.
Hardwareumgebung, Betriebssysteme
PC min. 386, MS Windows
Es wird ToolBook 1.5 (Entwicklungs- oder Runtime-Umgebung) benötigt. Die beigelegte DLL sollte sich im Verzeichnis der Anwendung befinden!
D. Müller, 1.12.1995
[HYSIM Home] [Softwareliste]
HYSIM
Document: Done

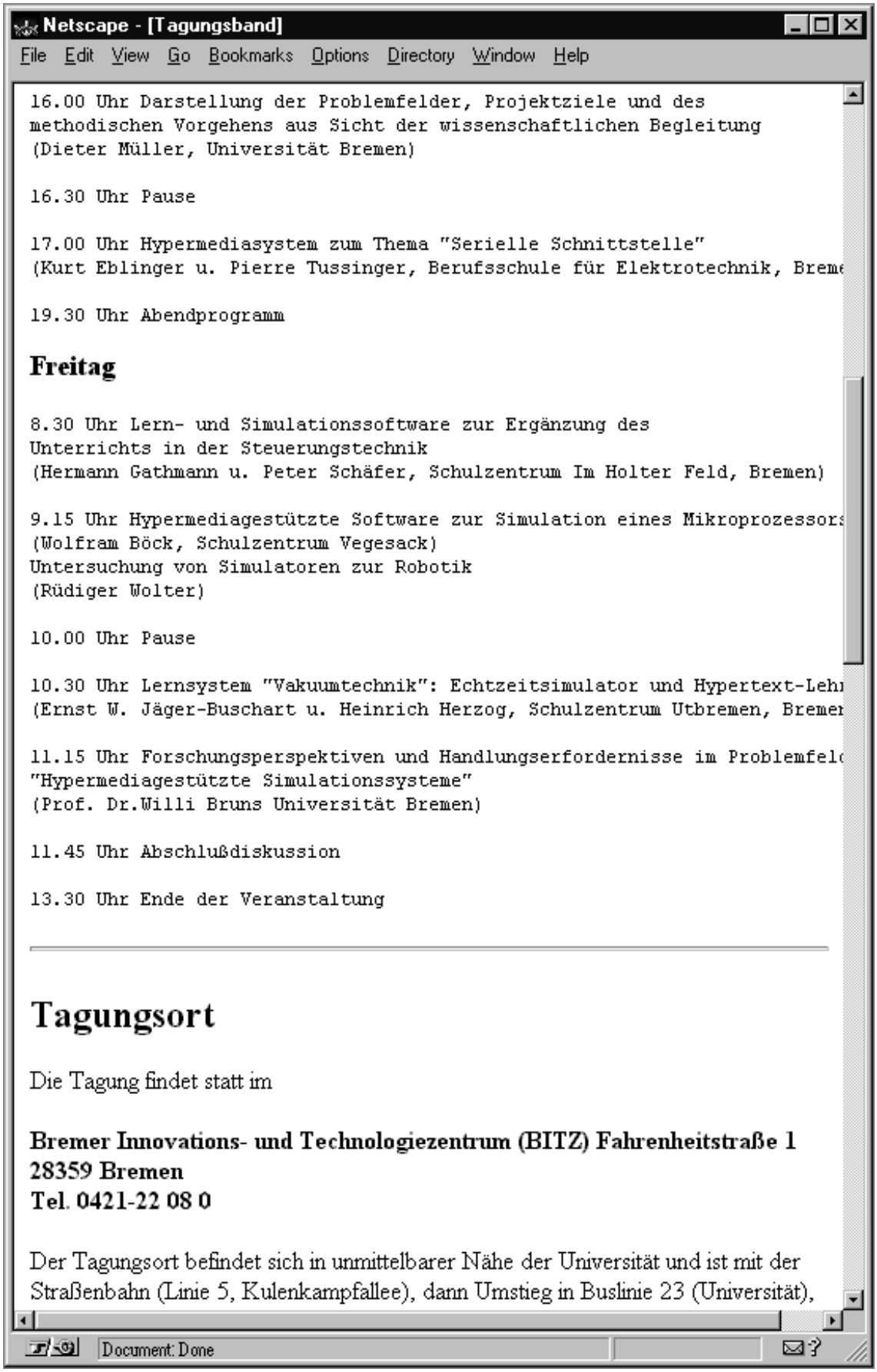

Netscape - [HYSIM - Uebungen 1]
File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help
[HYSIM Home] [Softwareliste]
HYSIM
Programmname
Übungen 1 - Einführung in die Script-Programmierung von Hypermedia-Anwendungen -
Autor
Dieter Müller, Uni Bremen
Programmversion
Vers. 1
Dateitransfer
Datei vom Server laden (Dateigröße: ca. 20 KB gepackt [zip - Datei])
Kurzbeschreibung
Dies ist eine Sammlung von einfachen Hypertext-Anwendungen (implementiert in ToolBook 1.5), die als Übungsbeispiele in Fortbildungsveranstaltungen verwendet wurden:
1. Multiple Choice
2. Animation - Bewegung eines graf. Objektes (x/y - Tabelle)
3. Animation - Bewegung eines graf. Objektes (versteckte Tabelle)
4. Einfache Animation
5. OpenScript-Nachricht an ToolBook senden
6. Animation - Grafisches Objekt entlang eines Pfade bewegen
7. Verknüpfung von einzelnen Programmen
Anwendungsgebiete
Fortbildungsmaterialien zum Einstieg in die Entwicklung von Hypermedia-Anwednungen
Bemerkungen
Wenn alle Übungsdateien in einem Verzeichnis (z.B. Uebung.1) gespeichert werden, können mit dem Startprogramm "start.tbk" die einzelnen Beispiele leicht aufgerufen werden.
Hardwareumgebung, Betriebssysteme
PC min. 386, MS Windows
ToolBook 1.5 (Entwicklungs- oder Runtime-Umgebung)
Document: Done

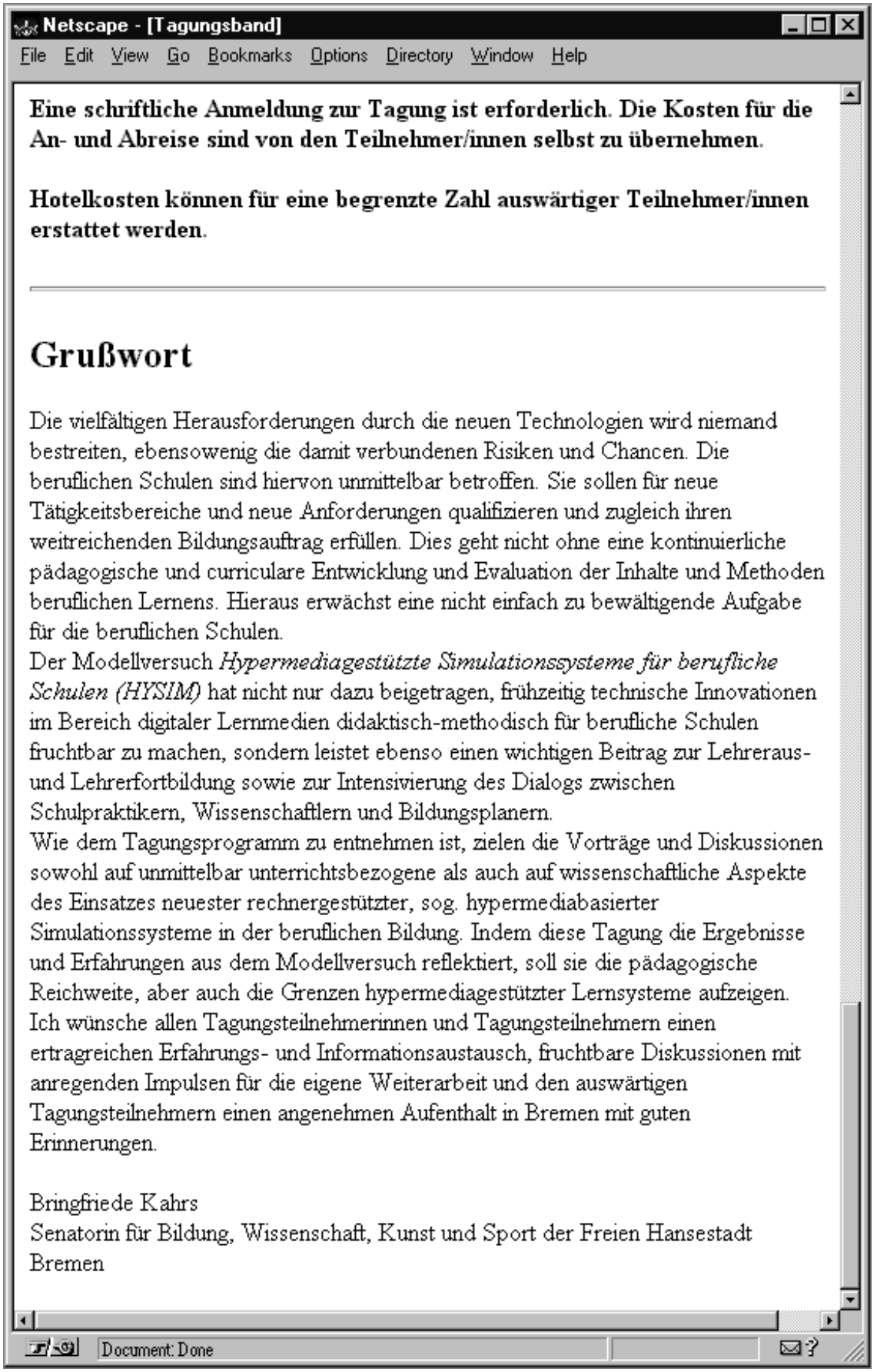

Netscape - [HYSIM - Übungen 2]
File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help
[HYSIM Home] [Softwareliste] HYSIM
Programmname
Übungen 2 - Dynamische Verknüpfungsbibliotheken (DLLs) -
Autor
Dieter Müller, Uni Bremen
Programmversion
Vers. 1
Dateitransfer
Datei vom Server laden (Dateigröße: ca. 170 KB gepackt [zip - Datei])
Kurzbeschreibung
Dies ist eine Sammlung von Hypertext-Anwendungen, die das Konzept der Einbindung von Softwarekomponenten (z.B. DLLs) benutzen. Diese Beispiele haben wir als Übungen in unseren Fortbildungsveranstaltungen verwendet:
1. Aufruf einer Windowsfunktion
2. Einbinden einer eigenen DLL
3. Windowsfunktion nutzen (Systemzeit)
4. OpenScript-Nachricht an ToolBook senden
5. ToolBook-Befehl in einer DLL ausführen
6. Objekte aus ToolBook aufrufen
Jeweils mit Quellcode (Borland C und Pascal).
Anwendungsgebiete
Fortbildungsmaterialien - Fortgeschrittene. Programmierkenntnisse in Pascal oder C notwendig.
Bemerkungen
Wenn alle Übungsdateien in einem Verzeichnis (z.B. Uebung.2) gespeichert werden, können mit dem Startprogramm "start.tbk" die einzelnen Beispiele leicht aufgerufen werden.
Hardwareumgebung, Betriebssysteme
PC min. 386, MS Windows
ToolBook 1.5 (Entwicklungs- oder Runtime-Umgebung)
Document: Done


Netscape - [HYSIM - Übungen 3]
File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help
[HYSIM Home] [Softwareliste] HYSIM
Programmname
Übungen 3 - Dynamischer Datenaustausch
Autor
Kai Schmudlach, Uni Bremen
Programmversion
1
Dateitransfer
Datei vom Server laden (Dateigröße: ca. 30 KB gepackt [zip - Datei]). Die gepackte Datei enthält drei einzelne Dateien.
Kurzbeschreibung
Dieses Übungsbeispiel besteht aus den Programmen DDE-Grouper und Objekt-Finder. Bei dem Beispiel DDE-Grouper handelt es sich um eine Demonstration der Programmsteuerung unter Microsoft Windows mit DDE (Dynamic Data Exchange). Es werden dem Programm Manager Befehle gesendet, Ikonen für Dateien einzurichten.
Das Programmbeispiel Objekt-Finder demonstriert eine Interaktion zwischen Asymetrix Toolbook Openscript und der Microsoft Wordbasic Skriptsprache. Die Kommunikation zwischen Toolbook und Winword findet ebenfalls mit Hilfe des DDE (Dynamic Data Exchange) statt. Nach der Eingabe einer Toolbook-Applikation und eines existierenden Winword-Dokuments werden sämtliche Skripte der Toolbook-Applikation in das Winword-Dokument übertragen und formatiert.
Anwendungsgebiete
Toolbook-Programmierung
Bemerkungen
-/-
Hardwareumgebung, Betriebssysteme
PC min. 386, MS Windows
Es wird ToolBook 1.5 (Entwicklungs- oder Runtime-Umgebung) benötigt. Ferner ist es nötig, das Programm Microsoft Winword mit der Dateierweiterung DOC assoziiert zu haben.
Document: Done


Netscape - [HYSIM - Übungen 4]
File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help
[HYSIM Home] [Softwareliste] HYSIM
Programmname
Übungen 4 - MCI-Demonstration
Autor
Kai Schmudlach, Uni Bremen
Programmversion
1
Dateitransfer
Datei vom Server laden (Dateigröße: ca. 50 KB gepackt [zip - Datei]). Die gepackte Datei enthält mehrere Dateien.
Kurzbeschreibung
Dieses Übungsbeispiel erlaubt das Abspielen von MCI-Kompatiblen Medien.(Media Control Interface). An den Beispielen WAVE-Audio und AVI-Animation werden exemplarisch einige MCI-Befehle vorgeführt und bei Bedarf in die Zwischenablage kopiert.
Anwendungsgebiete
Toolbook-Programmierung, MCI-Programmierung
Bemerkungen
Dem Programmbeispiel sind Multimediaerweiterungen für Asymetrix Toolbook 1.52 beigelegt. Diese müssen sich in dem gleichen Verzeichnis befinden, wie das Programmbeispiel.
Sollten keine MCI-kompatiblen Gerätetreiber vorhanden sein, müssen diese installiert werden.
Hardwareumgebung, Betriebssysteme
PC min. 386, MS Windows.
Es wird ToolBook 1.5 (Entwicklungs- oder Runtime-Umgebung) benötigt. Es sollte Video for Windows (VfW) einschl. der MCI-Gerätetreiber für WAVE-Audio und/oder AVI-Animationen im System installiert sein.
K. Schmudlach, 31.1.1996
[HYSIM Home] [Softwareliste] HYSIM
Document: Done


Netscape - [Tagungsband]
File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help
Überregionale Abschlußtagung
des Modellversuches
Hypermediagestützte Simulationssysteme
für berufliche Schulen
HYSIM
vom 28. - 29. November 1996 in Bremen
durchgeführt von beruflichen Schulen im Lande Bremen
und dem Forschungszentrum Arbeit und Technik (artec) der Universität Bremen
Tagungsprogramm
Tagungsort
Anmeldungsformalitäten
Organisatorisches
Grußwort der Senatorin für Bildung, Wissenschaft, Kunst uns Sport
Tagungsprogramm
Donnerstag
bis 14.30 Uhr Anreise der Teilnehmer, Begrüßung
15.00 Uhr Eröffnung der Fachtagung
(Dr. Rolf Möhlenbrock, Senator für Bildung, Wissenschaft, Kunst und Sport)
15.30 Uhr Darstellung der Problemfelder, Projektziele und des
methodischen Vorgehens aus schulischer Sicht
(Jürgen Steenbock, Schulzentrum Vegesack, Bremen)
16.00 Uhr Darstellung der Problemfelder, Projektziele und des
methodischen Vorgehens aus Sicht der wissenschaftlichen Begleitung
Document: Done


Netscape - [Tagungsband]
File Edit View Go Bookmarks Options Directory Window Help
16.00 Uhr Darstellung der Problemfelder, Projektziele und des
methodischen Vorgehens aus Sicht der wissenschaftlichen Begleitung
(Dieter Müller, Universität Bremen)
16.30 Uhr Pause
17.00 Uhr Hypermediasystem zum Thema "Serielle Schnittstelle"
(Kurt Eblinger u. Pierre Tussinger, Berufsschule für Elektrotechnik, Breme
19.30 Uhr Abendprogramm
Freitag
8.30 Uhr Lern- und Simulationssoftware zur Ergänzung des
Unterrichts in der Steuerungstechnik
(Hermann Gathmann u. Peter Schäfer, Schulzentrum Im Holter Feld, Bremen)
9.15 Uhr Hypermediagestützte Software zur Simulation eines Mikroprozessors
(Wolfram Böck, Schulzentrum Vegesack)
Untersuchung von Simulatoren zur Robotik
(Rüdiger Wolter)
10.00 Uhr Pause
10.30 Uhr Lernsystem "Vakuumtechnik": Echtzeitsimulator und Hypertext-Lehr
(Ernst W. Jäger-Buschart u. Heinrich Herzog, Schulzentrum Utbremen, Bremer
11.15 Uhr Forschungsperspektiven und Handlungserfordernisse im Problemfeld
"Hypermediagestützte Simulationssysteme"
(Prof. Dr.Willi Bruns Universität Bremen)
11.45 Uhr Abschlußdiskussion
13.30 Uhr Ende der Veranstaltung
Tagungsort
Die Tagung findet statt im
Bremer Innovations- und Technologiezentrum (BITZ) Fahrenheitstraße 1
28359 Bremen
Tel. 0421-22 08 0
Der Tagungsort befindet sich in unmittelbarer Nähe der Universität und ist mit der
Straßenbahn (Linie 5, Kulenkampfallee), dann Umstieg in Buslinie 23 (Universität),
Document: Done



Eine schriftliche Anmeldung zur Tagung ist erforderlich. Die Kosten für die An- und Abreise sind von den Teilnehmer/innen selbst zu übernehmen.

Hotelkosten können für eine begrenzte Zahl auswärtiger Teilnehmer/innen erstattet werden.

Grußwort

Die vielfältigen Herausforderungen durch die neuen Technologien wird niemand bestreiten, ebensowenig die damit verbundenen Risiken und Chancen. Die beruflichen Schulen sind hiervon unmittelbar betroffen. Sie sollen für neue Tätigkeitsbereiche und neue Anforderungen qualifizieren und zugleich ihren weitreichenden Bildungsauftrag erfüllen. Dies geht nicht ohne eine kontinuierliche pädagogische und curriculare Entwicklung und Evaluation der Inhalte und Methoden beruflichen Lernens. Hieraus erwächst eine nicht einfach zu bewältigende Aufgabe für die beruflichen Schulen.
Der Modellversuch *Hypermediagestützte Simulationssysteme für berufliche Schulen (HYSIM)* hat nicht nur dazu beigetragen, frühzeitig technische Innovationen im Bereich digitaler Lernmedien didaktisch-methodisch für berufliche Schulen fruchtbar zu machen, sondern leistet ebenso einen wichtigen Beitrag zur Lehreraus- und Lehrerfortbildung sowie zur Intensivierung des Dialogs zwischen Schulpraktikern, Wissenschaftlern und Bildungsplanern.
Wie dem Tagungsprogramm zu entnehmen ist, zielen die Vorträge und Diskussionen sowohl auf unmittelbar unterrichtsbezogene als auch auf wissenschaftliche Aspekte des Einsatzes neuester rechnergestützter, sog. hypermediabasierter Simulationssysteme in der beruflichen Bildung. Indem diese Tagung die Ergebnisse und Erfahrungen aus dem Modellversuch reflektiert, soll sie die pädagogische Reichweite, aber auch die Grenzen hypermediagestützter Lernsysteme aufzeigen.
Ich wünsche allen Tagungsteilnehmerinnen und Tagungsteilnehmern einen ertragreichen Erfahrungs- und Informationsaustausch, fruchtbare Diskussionen mit anregenden Impulsen für die eigene Weiterarbeit und den auswärtigen Tagungsteilnehmern einen angenehmen Aufenthalt in Bremen mit guten Erinnerungen.

Bringfriede Kahrs
Senatorin für Bildung, Wissenschaft, Kunst und Sport der Freien Hansestadt Bremen

Index

3

3D-Studio 164

A

Abundanz 28
Ähnlichkeit
  reaktive 45
  situative 45
Allgemeine Modelltheorie 25
  Abbildungskriterien 28
  Original-Modell-Abbildungen 27; 29
  Pragmatische Relativierung 31
  Transformationsregeln 28
Autodesk-Animator 164

B

Binnendifferenzierung 252
Bricolage 38

C

cognitive overload 73
Constructionism 68
CSCW 73

D

Denken
  vernetzes 35
Didaktische Transformation 26

E

Erfahrungen im Projekt HYSIM
  empirische Basis 247
  Hard- und Software 255
  Softwareentwicklung 190; 210; 220; 227
  Überblick 183
  Zusammenfassung 247
Evaluation 99
  Analysemethoden und -instrumente 115
  formative 102
  summative 101
  von Lernsoftware 104
Evaluationsfelder 109
Experiment 32
Experimentierumgebung 32

F

Formalbildungstheorie 44
Forschungsmethoden 14
  Action-Research 15
Forschungsperspektiven 271; 277
  pädagogische Dimensionen 280
Framework
  hypermediabasiert 86

G

Gegenständlich 69
Gegenständlichkeit 48; 284
Gestaltung
  von Animationen 164
Groupware 72

H

Handhabbarkeit von Hard- u. Software 255
Hard- u. Software
  Schwierigkeiten 197

Hard- und Software
Innovationszyklen 256
Howthorne-Effekt 70
HTML 261; 274
Hypercard 56; 129
Hypermedia Siehe auch
Hypertext
Adaptierbarkeit 259
Autorensysteme 129
Browsing 63; 67
Chunks 59
cognitive overload 254
Definition 57
Eigen-Programmierung 256
Entwicklung 197
Entwicklungsaufwand 261
Entwicklungssysteme 129
Gestaltung u. Programmierung 256
History-Funktion 152
Informationsüberflutung 254
Integrationsaspekt 86
Knoten 59
lernpsychologische Aspekte 64
links 59
Möglichkeiten 82
Navigation 62; 149
Navigationselemente 151
Navigationsproblematik 255
Nutzungsprobleme 73
Pfade 63
Portabilität 260
Probleme 254
Programmieraufwand 261
semantische Verknüpfungen 59
Sprechblasen-Hilfe 152
Strukturen 60
Unterrichtserfahrungen mit 183
Verknüpfungen 59
Hyperstrukturen 60
Hypertext Siehe auch
Hypermedia
Definition 56

I

Informationsüberflutung 73
Intelligence-Information-Interface 285
Interaktion 143

J

Java-Applet 144

K

Kausalität 36
Kausalitätswahrnehmung 92
Kognitive Flexibilität 67
Kognitive Plausibilität 65
Kognitive Werkzeuge 88
Komplexität 24; 25
Konnektionismus 66
Konzeptuelles Modell 88
Kooperatives Lernen 71
Korrespondenzthese 65
Kostenaspekte 262

L

Legomaschinen 68
Lehrerausbildung 179
Lehrerfortbildung 173; 265
Empfehlungen 265
Kursbausteine 269

Leistungsbewertung 190; 208
Lern- und Erkenntnisprozeß 187; 206
Lernen
aktives 68
entdeckendes 33; 37; 68
experimentelles 32
experimentierendes 32
exploratives 37
explorierendes 33
Handlungsaspekt 189; 207; 219
handlungsorientiert 24
handlungsorientiertes 39; 69
hypermediagestützt 55
konstruktives 68; 69
Lernorganisation 189; 207; 219; 227
Motivation 29; 72; 206
problemlösendes 33
selbstgesteuertes 35; 71
situiertes 70
Lernmotivation 29; 72
Lernsoftware
Entwicklungsaufwand 261
Lernsoftware-Evaluation 104
Fragebögen 106
im Modellversuch HYSIM 108
Interaktion 107
Kriterienkataloge 105
Vergleichsevaluation 106

M

Macromind-Director 144; 164
MediaLab 285
Mehrebenensimulation 81
Beispiele 90
Übersicht 89
Methodenbank 86
Modell
gegenständlich-stoffliches 88
mentales 88; 92
Modellbank 86
Modellbenutzung 29
Modellbildung Siehe auch Modellierung 26
Modelle
technische 23
Modellexperiment 26
Modell-Hierarchien 87
Modellierung 28
Abstraktionsebenen 87
abundante 28
formal-strukturelle 29
konzeptuelle 88
Methoden 87
Original-Modell-Abbildungen 29
surjektive 28
Taxonomie nach Fishwick 87
Transformationsregeln 27
Modellkonstruktion 26; 28
Modellmethode 26
Multimedia
Definition 58

N

Navigationselemente 151

O

Objektorientierung 258
Ökonomische Aspekte 191; 198; 212; 220; 262
Orientierungsverlust 73

P

Phantasien 31
Präteration 28
Probieren 38
Problemlösen 33
Projektziele 5; 11
Prototyp
  CNC-Simulator 131
  Evolventenverzahnung 158
  Fertigungsplanung 132
  Flüssigkeitsströmung (Zahnradpumpe) 157
  Heizungsregelung 138
  Hypermedia-Framework 150
  'Interaktives' Buch 143
  Interaktives Puzzle 145
  Kurbelschleife 160
  Mehrebenensimulator 167
  Montage (Zahnradpumpe) 159
  Prozeßsimulation 137
  Videoeinbindung 163
  virtuelle Räume 152
  Zahnradkonstruktion 145
Prototypenentwicklung 258
Prototyping
  experimentielles 15
  Konzepte 123
  Möglichkeit u. Grenzen 127
  Rapid Prototyping 125
  Software 123

R

Real Reality 284
Robotersimulation 233

S

Schülermeinungen 226
Selbststeigerung 31
Simulation 23
  Defizite 46; 81
  Handlungsorientierung 251
  Hawthorne-Effekt 250
  hypermediagestützte 81
  HyperSimulation 288
  Kosten 43
  Lernförderlichkeit 249
  Lerninhalte 85
  Lernmotivation 29; 30
  lernpsychologische Aspekte 24
  Lerntransfer 250
  Mehrebenensimulation-Übersicht 89
  mehrperspektivisch 81
  Ökonomische Aspekte 43; 262
  Prozeßkopplung 253
  qualitative 36
  schülerzentrierter Unterricht 250
  Simulation vs. Realsystem 252
  Spiel u. Ernst 40
  Vorteile 252
Simulationsbaukasten 83
Simulationssoftware
  Selbsthalteschaltung 90
  Serielle Schnittstelle 92
Simulator Siehe auch Simulation
Simulatoren
  Defizite 46
  Lernförderlichkeit 249
  Lerntransfer 250
  Vorteile 252

Sinnlichkeit 48
Situiertes Lernen 70
Smalltalk 140
Spiel 30; 40
Spielzeug 40
System
-funktion 88
-struktur 88
Systementwicklung
evolutionäre 125
inkrementell 125
Szenario
Mehrebenensimulation 83
Produktionssimulator 83

T

Tangible Projects 285
ToolBook 9; 56; 129; 135; 144; 197; 258
Transfer (von Wissen) 44
Ähnlichkeitstheorie 45
Äquivalenz, situative 45
Handlungsäquivalenz 45
Transferierbarkeit von Wissen 44

U

Unterrichtsbeispiel
Mikroprozessor-Simulation 185; 215
Pneumatik/Selbsthalteschaltung 90; 184; 201
Pneumatik/SPS 184; 193
Robotersimulation 186; 233
Serielle Schnittstelle 92; 184; 187
Vakuumtechnik 185; 223
Unterrichtsbeispiele
Überblick 248
Ursache-Wirkungs-Denken 34

V

Virtual Reality 284
Virtuelle Kamera 161
Virtuelle Welten 69; 280
Visualisierung 163
filmische Elemente 161
von dynamischen Prozessen 157

W

Wissen
situiertes 70
World Wide Web 73
WWW 273 Siehe World Wide Web
Präsentation des Modellversuches HYSIM 112

Abbildungsverzeichnis

I. PROJEKTZIELE UND METHODISCHES VORGEHEN

Tab. 1-1: Beteiligte Schulen 8

II. DIDAKTISCHE DIMENSIONEN HYPERMEDIALER SIMULATION

Abb. 1-1: Original-Modell-Abbildung 27
Abb. 1-2: Spektrum von Experimentierumgebungen 33
Abb. 2-1: Hypermedia..... 57
Abb. 2-2: Hypertext-/Hypermediastrukturen 62
Abb. 3-1: Hypermediagestützte Simulationssysteme in Kombination mit vorhandenen Simulatoren 84
Abb. 3-2: Modell eines Produktionsbetriebs als Hyperstruktur..... 84
Abb. 3-3: Dimensionen der Integration hypermediabasierter Simulationsmodelle..... 86
Tab. 3-1: Mehrebenensimulation..... 89
Abb. 3-4: Mehrebenensimulation einer elektropneumatischen Selbsthalteschaltung 91
Abb. 3-5: Mehrebenensimulation einer seriellen Schnittstelle 93

III. EVALUATIONSKONZEPT

Abb. 1-1: Dimensionen der Software-Evaluation 109
Abb. 1-2: Kriterienkatalog zur Dokumentation von Lernsoftware..... 113
Abb. 1-3: Kurzdokumentation der Lernsoftware im World-Wide-Web.. 114
Tab. 1-1: Evaluationsfelder und die entsprechenden Analysemethoden bzw. -instrumente..... 116

IV. REALISIERUNG HYPERMEDIAGESTÜTZTER SIMULATIONSSYSTEME: PROTOTYPISCHE BAUSTEINE UND ANSÄTZE

Abb. 2-1: CNC - Simulator..... 132
Abb. 2-2: Simulator für Fertigungsplanung 133
Abb. 3-1: System-Diagramm einer Heizungsregelung 138
Abb. 3-2: Prozeßsimulation am Beispiel einer Heizungsregelung 139
Abb. 4-1: 'Interaktives' Buch 144
Abb. 4-2: Konstruktion eines Zahnrades..... 146
Abb. 4-3: 'Interaktives' Puzzle 147
Abb. 5-1: Benutzungsoberfläche eines Navigationsrahmens..... 150
Abb. 5-2: Schematisches Bildschirm-Layout des Navigationsrahmens . 151

Abb. 5-3: Darstellung eines Planungsbüros 154
Abb. 5-4: Darstellung eines Konstruktionsbüros 154
Abb. 6-1: Flüssigkeitsströmungen in einer Zahnradpumpe 158
Abb. 6-2: Dynamische Visualisierung einer Evolventenverzahnung 158
Abb. 6-3: Drahtmodell - Zahnradpumpe 159
Abb. 6-4: Montage einer Zahnradpumpe 160
Abb. 6-5: Dynamisches Verhalten einer Kurbelschleife 160
Abb. 6-6: Studien zu filmischen Elementen in der rechnergestützten Animation I 161
Abb. 6-7: Studien zu filmischen Elementen in der rechnergestützten Animation II 162
Abb. 6-8: Videosequenzen von Zerspanungsprozessen 163
Abb. 7-1: Ideenskizze zur Mehrebenensimulation 168
Abb. 7-2: Mehrebenensimulator 169

VI. UNTERRICHTSEINHEITEN UND UNTERRICHTSBEISPIELE

Tab. 1-1: Erprobte Lernsoftware / Unterrichtseinheiten 184
Abb. 2-1: Simulation eines Schnittstellenbausteins 188
Abb. 3-1: Simulation des Schaltungsaufbaus 195
Abb. 3-2: Simulation der SPS 195
Abb. 3-3: Graphische Programmierung 196
Abb. 4-1: Bildschirmdarstellung der Schaltung mit Rollentastern 202
Abb. 4-2: Animation der Bewegungsfolge 202
Abb. 4-3: Schaltung mit Reedsensoren 204
Abb. 4-4: Zylinder mit Reedsensoren 204
Abb. 4-5: Reedsensor-Funktion 205
Abb. 5-1: EduCPU 216
Abb. 5-2: Interaktive Hilfe 218
Abb. 6-1: Hochvakuumpumpstand 224
Abb. 6-2: Simulationssystem "Vakuumtechnik" 224
Abb. 7-1: Roboter im AutoLab 234
Abb. 7-2: Programmieren mit COSIPROG 235
Abb. 7-3: Simulation mit COSIMIR 235
Abb. 7-4: Menübildschirm des Lernprogramms ROBBI 236
Abb. 7-5: Beispiel für das Lernprogramm ROBBI 237

Abb. 2-1: Kursübersicht 269
Abb. 3-1: Mehrebenensimulation 272
Abb. 3-2: Baukastensystem 279
Abb. 3-3: Virtuelle Stadt 281
Abb. 3-4: Virtuelles Simulationslabor 281
Abb. 3-5: Montagesimulation 1 282
Abb. 3-6: Montagesimulation 2 282
Abb. 3-7: Montagesimulation 3 283
Abb. 3-8: Virtuelle Universität 283
Abb. 3-9: Virtuelle Vorlesung 284
Abb. 3-10: Modellieren im Gegenständlichen und im Virtuellen 286
Abb. 3-11: Systemspezifikation durch gegenständliches Vormachen 286
Abb. 3-12: Record-Play-Back des Vorgemachten 287
Abb. 3-13: Generierung symbolischer Steuerungsprogramme und deren Test am Simulator 287